



Biais perceptif et oculomoteur lors de la perception des visages : effets du vieillissement

Hélène Samson

► To cite this version:

Hélène Samson. Biais perceptif et oculomoteur lors de la perception des visages : effets du vieillissement. Psychologie. Université René Descartes - Paris V, 2014. Français. NNT : 2014PA05H104 . tel-01067946

HAL Id: tel-01067946

<https://theses.hal.science/tel-01067946>

Submitted on 25 Sep 2014

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Année 2014

Université Paris Descartes

Ecole Doctorale « Cognition, Comportements, Conduites Humaines » (ED 261-3CH)

Institut de Psychologie – Laboratoire Vision Action Cognition - EAU01

**BIAIS PERCEPTIF ET OCULOMOTEUR LORS DE LA PERCEPTION DES
VISAGES : EFFETS DU VIEILLISSEMENT**

THESE DE DOCTORAT

Présentée par

Hélène SAMSON

Pour l'obtention du grade de Docteur en Psychologie

Spécialité Psychologie Cognitive

Thèse dirigée par

Nicole FIORI-DUHARCOURT & Dorine VERGILINO-PEREZ

Soutenue le 17 juin 2014 devant le jury composé de :

Thierry BACCINO	Professeur - Paris VIII	Rapporteur
Mohamed REBAÏ	Professeur - Rouen	Rapporteur
Denis BROUILLET	Professeur - Montpellier 3	Examineur
Nicole FIORI-DUHARCOURT	Professeur - Paris Descartes	Directrice de thèse
Dorine VERGILINO-PEREZ	Maître de Conférences- Paris Descartes	Co-directrice de thèse

*« I wonder what delightful discovery I'll make today (...)
as if every day of life was an adventure. »*
Lucy Maud Montgomery.

REMERCIEMENTS

Je remercie les membres de mon jury, Thierry Baccino, Mohamed Rebaï et Denis Brouillet, d'avoir accepté d'évaluer ce travail.

J'adresse un grand merci à mes directrices de thèse : à Nicole Fiori-Duharcourt, qui m'a accordé sa confiance depuis mon M1, m'a encouragé et soutenu lorsque j'ai décidé de me lancer dans cette grande (et laborieuse) aventure qu'est la thèse, a trouvé les mots justes et a fait preuve d'une grande sensibilité dans les moments de doutes et de découragements. A Dorine Vergilino-Perez, qui a fait preuve d'une grande gentillesse et disponibilité à mon égard durant ces 4 dernières années (1/2) et m'a fait découvrir le monde (complexe) de la saccade tout en douceur. Pour votre soutien et votre accueil toujours souriant, merci.

Merci à tous les membres du laboratoire VAC, avec qui il a été agréable de travailler, et plus particulièrement à Philippe Bonnet, Karine Doré-Mazars, Christelle Lemoine, Juliette Prunet et Johanna Stern. Un grand merci à mes collègues de bureau, Mathilde Carminati, Alexandra Fayel et Agathe Legrand, sans la présence desquelles cette thèse aurait été bien plus difficile à finaliser et bien moins agréable.

Merci aux étudiants de Master qui m'ont aidé dans le recrutement et les passations des expériences et notamment à Lola Coën, Julie Hecquet et Gaëlle Nelson. Merci également à Gaëlle pour nos échanges cinéphiles (j'ai enfin vu « The Machinist » !).

Merci aux (anciens) doctorants avec qui j'ai pu échanger ces dernières années et parmi eux Laura Fernandez, Yannick Gounden, Catherine Grosmaître, Racky Ka et Charlotte Pinabiaux.

Merci à tous les participants d'avoir accepté de contribuer à ce travail de recherche, et plus particulièrement à toutes les personnes âgées qui se sont déplacées au laboratoire.

Merci à mes parents, mon papa, René et ma mama, Ewa, pour m'avoir aidé à devenir celle que je suis aujourd'hui ; à mon grand frère, Thomas, et sa petite famille : Ewa, Nina et Gabriel, pour tous les bons moments passés ensemble ces dernières années ; à mon frère Martial ; un énorme merci à Wujek Maryś, mon oncle et parrain, qui m'a soutenu, écouté et encouragé depuis toujours. Merci pour nos week-ends à Arbonne-la-Forêt, tous les bons souvenirs allant de l'enfance à l'âge adulte : Wielkie dzięki !

Merci à Céline et Bernard : pour votre infinie gentillesse, votre soutien indéfectible, les vacances et les week-ends passés ensemble, dans cette ambiance cocoonante et chaleureuse dont vous seuls avez le secret, sans oublier le prêt de la Sandero.

Merci à Nadia et à Clément, pour leur soutien et l'intérêt qu'ils ont porté à l'évolution de ce travail.

Merci à Bernadette et René Hazouard (*aka* « Mamy » & « Papy ») pour votre gentillesse, les parties de belottes du dimanche après-midi et les bonnes pâtisseries.

Merci à mes amis, Ivana Belouin, Thomas Koebel & Artabaze Shams, qui ont manifesté un intérêt pour ce travail, par leurs questions et/ou leur participation.

Merci à mes collègues de Chartres, Amaury, Aurore et Didier, devenus amis, pour avoir rendu mon travail encore plus intéressant. Pour tous les bons moments passés au travail ou autour d'un barbecue, merci.

Merci à Hervé Viquesnel (*aka* « Le Doc ») et Catherine Fayada, qui au travers d'échanges et par leurs conseils m'ont permis d'évoluer professionnellement et personnellement.

Merci à Vanessa Mabs, pour son amitié discrète, mais sincère et nos RDV mensuels resto / Starbucks.

Un grand merci à Mathilde Neugnot-Ceroli, pour son amitié, son sens de l'humour et son génie ; nos échanges réguliers par e-mails, Gtalk, courriers, téléphone, iMessage, Skype & FaceTime (ne manque plus que le pigeon voyageur !) m'ont permis de prendre du recul et d'avancer plus paisiblement ; merci à Rafael Ceroli, pour son sens de l'humour, la pertinence de ses réflexions et ce côté « rabat-joie » qu'on partage.

Enfin, un énorme merci à Tio, le plus drôle, le plus intelligent et le plus beau, sans qui je ne serais jamais arrivée au bout de cette thèse.

TABLE DES MATIERES

Table des matières	7
LISTE DES ABREVIATIONS	9
AVANT-PROPOS.....	11
I. Introduction.....	17
A. Traitement des visages	17
1. Fondamentaux	17
2. Asymétrie hémisphérique dans le traitement des visages	21
B. Saccades oculaires	29
1. Introduction	29
2. Paramètres des saccades oculaires.....	31
3. Les réseaux neuronaux	34
4. Visages et mouvements oculaires	37
C. Vieillessement cérébral.....	43
1. Généralités	43
2. Modèles du déclin cognitif.....	44
3. Altérations cérébrales liées au vieillissement.....	50
4. Visages et vieillissement	56
5. Saccades et vieillissement.....	61
D. Biais perceptif et oculomoteur	67
1. Les biais pour des stimuli non faciaux.....	67
2. Biais perceptif pour les visages.....	71
3. Le comportement oculomoteur pour les visages	80
II. Objectifs et Intérêts des travaux.....	91
III. Contributions expérimentales.....	97
A. Méthode Générale	97
1. Matériel.....	97
2. Procédure	98
3. Participants	101
B. Méthodes d'analyse des données	102
1. Expérience 1 : Influence des positions de présentation périphériques sur les biais perceptif et oculomoteur	107
2. Expérience 2 : Influence de l'exploration oculaire sur les biais perceptif et oculomoteur.....	139

3. Expérience 3 : Influence des positions de présentation des visages sur un axe horizontal sur les biais perceptif et oculomoteur	169
IV. Discussion générale	203
A. Rappel des objectifs de la thèse	203
B. Résumé et implication des résultats expérimentaux	204
1. Contraintes liées à la tâche	204
2. Lien entre les biais perceptif et oculomoteur.....	205
3. Biais perceptif	208
4. Biais oculomoteur et position d'arrivée de la saccade	211
V. Conclusions et Perspectives	217
VI. Bibliographie.....	223
VII. Annexes	253
Résumé	273

LISTE DES ABREVIATIONS

ANOVA	ANalyse Of VAriance
AVC	Accident Vasculaire Cérébral
BO	Biais Oculomoteur
BP	Biais Perceptif
BR	Bonnes Réponses
CEF	Cingulate Eye Field
CL	Cérébro-Lésé
CPFDL	Cortex Pré-Frontal Dorso-Latéral
CV	Champ Visuel
CVD	Champ Visuel Droit
CVG	Champ Visuel Gauche
DTI	Diffusion Tensor Imaging <i>ou</i> Imagerie du Tenseur de Diffusion
EEG	Electro-Encéphalogramme
FEF	Frontal Eye Field
FFA	Fusiform Face Area
GLF	Gyrus Latéral Fusiforme
GOI	Gyrus Occipital Inférieur
HD	Hémisphère Droit
HG	Hémisphère Gauche
IO	Indice Oculomoteur
IP	Indice Perceptif
IRMf	Imagerie par Résonance Magnétique fonctionnelle
OVP	Optimal Viewing Position
PEF	Parietal Eye Field
PLP	Preferred Landing Position
SEF	Supplementary Eye Field
STS	Sulcus Temporal Supérieur

AVANT-PROPOS

Le visage, porteur de l'identité de la personne, est un stimulus complexe. Il est en effet constitué à la fois d'aspects invariants (comme la position des yeux par rapport aux autres traits, le contour global...) et d'aspects variants (les mouvements de la bouche, le froncement des sourcils...). Tous les individus doivent être capables d'identifier correctement les visages et les informations qu'ils véhiculent, cette capacité étant cruciale pour la communication sociale. Cette expertise se développe dès les stades précoces du développement de l'être humain et se poursuit durant de nombreuses années, pour être mature après l'âge de 10 ans (Mondloch, Le Grand, & Maurer, 2002 ; Nelson, 2001). Les données issues d'expérimentations en champs visuels divisés, en imagerie cérébrale, ainsi que les études de lésions cérébrales suggèrent une asymétrie cérébrale, avec une dominance de l'hémisphère droit pour le traitement des visages. Cette dominance donne lieu à une asymétrie perceptive visuelle : les visages seraient mieux traités (plus rapidement et / ou plus efficacement) lorsqu'ils sont présentés dans le champ visuel gauche, projetant de manière préférentielle sur l'hémisphère droit, que dans le champ visuel droit. Cette asymétrie perceptive visuelle peut être étudiée à travers la présentation de visages chimériques – composés de deux héli-visages différents. Celle-ci a permis de mettre en évidence que les observateurs ont tendance à utiliser principalement les informations issues de l'héli-visage gauche (du point de vue de l'observateur) afin de réaliser un jugement (de genre, d'âge, d'identité ou d'émotion par exemple (Burt & Perrett, 1997 ; Butler & Harvey, 2005)). Ce phénomène désigné sous le terme de biais perceptif, a été mis en relation avec l'asymétrie hémisphérique observée dans le traitement des visages. Certains auteurs ayant observé une réduction de ce biais perceptif chez des participants âgés (Butler & Harvey, 2008), ces résultats ont été mis en lien avec la réduction des asymétries hémisphériques au cours du vieillissement (I.C.2).

Le recours à des techniques d'enregistrement des mouvements oculaires permet d'obtenir des données relatives aux informations entrant dans le système visuel. Ainsi, la réalisation de mouvements oculaires rapides, nommés saccades, permet d'explorer les objets de notre environnement, comme les visages. Certaines études ont avancé l'existence d'un biais d'exploration des visages – désigné sous le terme de biais oculomoteur – les saccades étant dirigées initialement et / ou plus fréquemment vers la partie gauche du visage (du point de vue de l'observateur). Un lien entre ce biais oculomoteur gauche et le biais perceptif gauche a été avancé, bien que, dans certaines études, ce rapport ne soit pas clairement établi.

Afin d'étendre les connaissances concernant l'existence de ces deux types de biais et leurs relations, ainsi que leur évolution avec l'avancée en âge, nous avons tenté d'identifier les différents facteurs pouvant les moduler. Dans une série d'expériences comportant des visages normaux et des visages chimériques, nous avons enregistré et limité le nombre de mouvements oculaires réalisés pour effectuer une tâche de jugement de genre. Nous avons également présenté les visages à différentes positions, la littérature actuelle se fondant essentiellement sur des données issues d'expériences où les visages sont présentés en position centrale. L'objectif était de tester la robustesse du biais perceptif selon la position de présentation des visages, mais également la possibilité d'explorer ou non le visage. Enfin, nous avons souhaité étudier l'évolution de ces biais avec le vieillissement en lien avec la réduction des asymétries hémisphériques, postulant notamment une possible réduction, voir une disparition du biais perceptif. L'enregistrement des mouvements oculaires de participants âgés dans la littérature étant rare dans ce type de tâche, les hypothèses concernant les changements oculomoteurs lors de l'exploration des visages sont principalement issues de la littérature portant sur l'évolution des paramètres saccadiques (vitesse d'exécution, latences et amplitudes des saccades ; I.C.5).

INTRODUCTION

INTRODUCTION

PARTIE A – TRAITEMENT DES VISAGES

I. INTRODUCTION

"I never forget a face, but in your case I'll be glad to make an exception."

Groucho Marx.

A. TRAITEMENT DES VISAGES

Bien que tous les visages soient constitués d'une configuration commune (deux yeux au-dessus d'un nez, lui-même au-dessus d'une bouche... traits désignés sous le nom de propriétés de premier ordre), il est possible de différencier les visages les uns des autres sur la base de l'étude des relations entre ces différents traits faciaux, soit les propriétés de second-ordre (Rhodes, Brake, & Atkinson, 1993 ; Valentine, 1988). La fréquence à laquelle nous sommes exposés aux visages dès la naissance nous rend experts en la matière. Les différents types de traitement mis en œuvre lors du traitement des visages, les réseaux neuronaux sous-tendant ces traitements et l'asymétrie hémisphérique qui en découle seront exposés dans ce chapitre.

1. FONDAMENTAUX

a) Les traitements global et analytique

Dès 1969, l'effet dit d'« *inversion des visages* » montré par Yin a permis, pour la première fois, de mettre en évidence un traitement différentiel entre les visages présentés à l'endroit et ceux présentés à l'envers. Cette dernière forme de présentation rend la reconnaissance faciale plus difficile et engendre de moins bonnes performances que la présentation à l'endroit. L'effet dit « *Thatcher* » (Thompson, 1980 ; Thompson, 2009) a permis de mieux comprendre ce phénomène. Après avoir inséré une distorsion sur la bouche et les yeux au sein de visages à l'endroit et à l'envers, l'auteur a assigné comme tâche aux participants de détecter ces distorsions. Les résultats observés ont montré que les participants détectaient plus facilement et plus rapidement les distorsions lorsque les visages étaient présentés à l'endroit, car cela entraînait une modification de la configuration globale des visages (relations de premier ordre)

(Thompson, 1980). Les distorsions apportées aux visages à l'envers n'étaient détectées que dans un second temps, lors d'une analyse plus minutieuse des visages (analyse *trait par trait* ou *analytique*), focalisée sur les traits faciaux. La quantité d'informations étant la même (seule l'organisation spatiale associée à la rétinotopie change), il apparaît que le traitement premier des visages est de type holistique et que le traitement analytique n'intervient que par la suite, lorsque le premier traitement n'a pas suffi. Cet effet d'inversion, outre son apport sur la mise en évidence des traitements mis en œuvre lors de la perception des visages, constitue également un argument en faveur d'un traitement spécifique des visages, s'opérant de manière différente de celui des autres objets de l'environnement, l'effet d'inversion n'étant pas observé dans ce cas-là (Valentine, 1988).

b) Modèle cognitif (Bruce & Young, 1986 & 2011)

La définition des visages comme objet d'expertise pour l'être humain a conduit Bruce & Young en 1986 à proposer un modèle cognitif décrivant les différentes étapes intervenant dans la reconnaissance des visages (modèle représenté sur la figure 1 ci-dessous). Après les étapes perceptives de bas niveau, la reconnaissance du visage débiterait par un encodage structural, permettant d'extraire tant les informations du visage en fonction du point de vue de l'observateur (ex. orientation du visage), que les informations configurales (concernant l'arrangement des traits entre eux) et les informations liées aux traits faciaux eux-mêmes. Ces différentes informations seraient par la suite comparées aux représentations des visages stockées en mémoire, dites « *Unités de Reconnaissance Faciale* ». S'il a déjà été rencontré, le visage pourrait alors être reconnu comme familier et un accès au Nœud de l'Identité de la Personne permettrait de récupérer des informations supplémentaires sur la personne (lieu de la première rencontre, âge, profession...). Selon ce modèle *princeps*, l'analyse de l'expression faciale s'opèrerait selon une voie parallèle à celle de la reconnaissance des visages et ce, de manière indépendante. Toutefois, 25 ans après la présentation de ce modèle, Young & Bruce (2011) l'ont mis à jour en insistant notamment sur l'importance de la présentation des visages selon différents points de vue afin d'en créer une représentation complète et durable. Par ailleurs, tirant parti des différentes études mettant quelques fois en évidence une influence de l'expression faciale sur la reconnaissance des visages, les auteurs ont également nuancé la séparation qu'ils avaient opérée initialement entre les traitements de l'identité et de l'expression faciale (pour une revue, voir Young & Bruce, 2011).

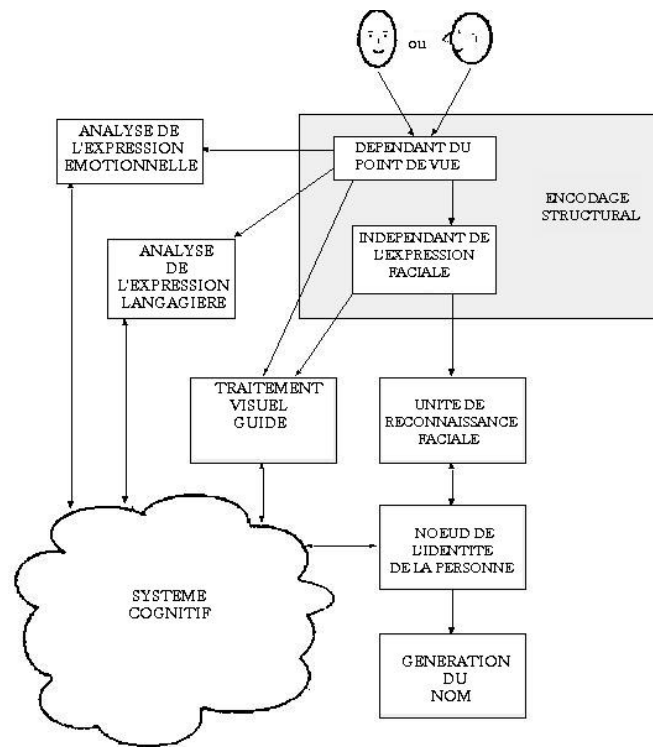


Figure 1 : Modèle fonctionnel de la reconnaissance des visages. D'après Bruce & Young (1986).

c) **Modèle neuronal (Haxby, Hoffman & Gobbini, 2000)**

En 2000, Haxby, Hoffman, & Gobbini ont proposé un modèle neuronal représentant les principales structures cérébrales impliquées dans le traitement des visages (cf. figure 2 ci-dessous). Les activations cérébrales lors de l'identification d'une personne sont modulées par les différents aspects de la perception faciale. Ainsi, le cœur du système neuronal dédié à la perception des visages est composé de trois régions bilatérales dans le cortex extra-strié visuel occipito-temporal. Ce système inclut le gyrus occipital inférieur (GOI), le gyrus latéral fusiforme (GLF) et le sulcus temporal supérieur (STS). Le GOI, du fait de sa position anatomique, serait à même de fournir des informations aux deux autres structures. Le gyrus latéral fusiforme serait plus impliqué dans la représentation de l'identité, tandis que le STS serait plus impliqué dans le traitement des aspects variants des visages. Ces régions font partie d'un réseau cérébral plus large, incluant le circuit limbique impliqué lors du traitement d'expressions émotionnelles, et les régions pariétales lors de la perception de l'orientation du regard (Haxby, Hoffman, & Gobbini, 2002). Ainsi, la reconnaissance des visages met en jeu une multitude de réseaux neuronaux, depuis les étapes visuelles perceptives, jusqu'au ressenti émotionnel, en passant par l'accès aux informations sémantiques telles que celles relatives à la profession de la personne par exemple (Lachenal-Chevallet et al., 2006).

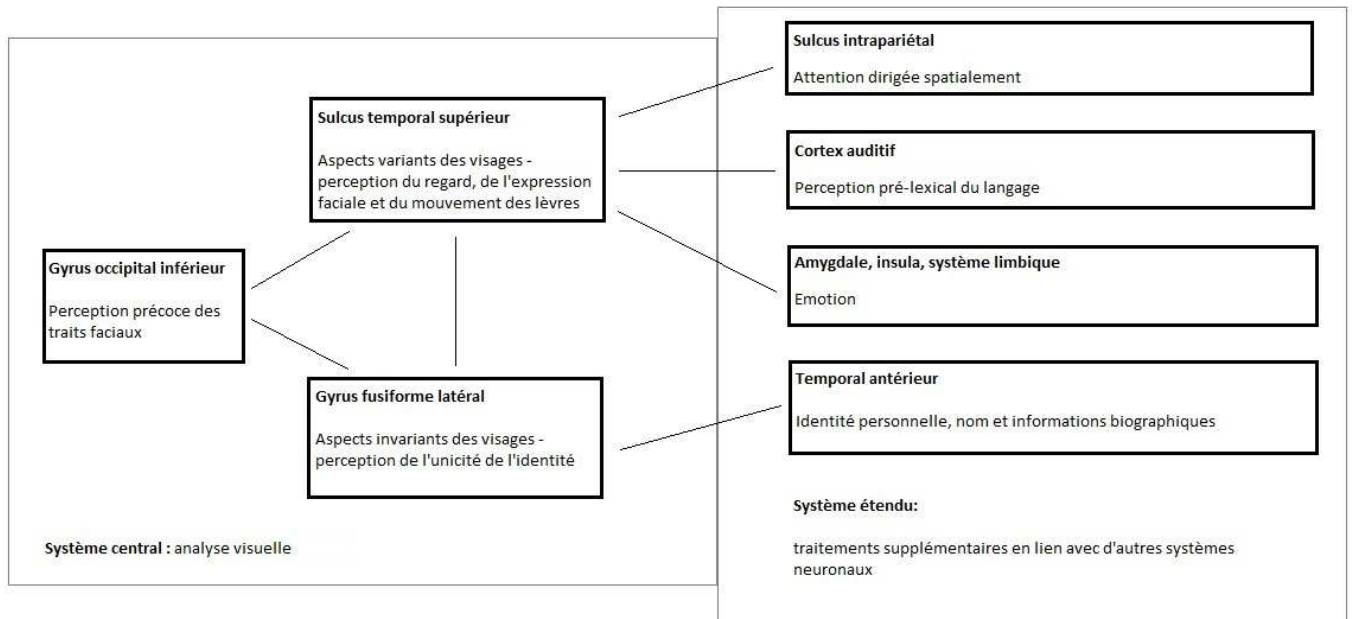


Figure 2 : Modèle du système neuronal humain pour la perception des visages. Le modèle est divisé en deux parties, le noyau du système, incluant trois régions du cortex extrastrié visuel occipito-temporal et un système élargi, avec des régions impliquées dans d'autres fonctions cognitives. Les interactions entre ces deux systèmes permettent le traitement de l'orientation du regard, des mouvements de la bouche liées à la parole, des expressions faciales et de l'identité. *D'après Haxby, Hoffman & Gobbini (2000).*

La figure 3 permet de situer au niveau cérébral les régions faisant parties du système central, à savoir le GOI, le STS et le GFL.

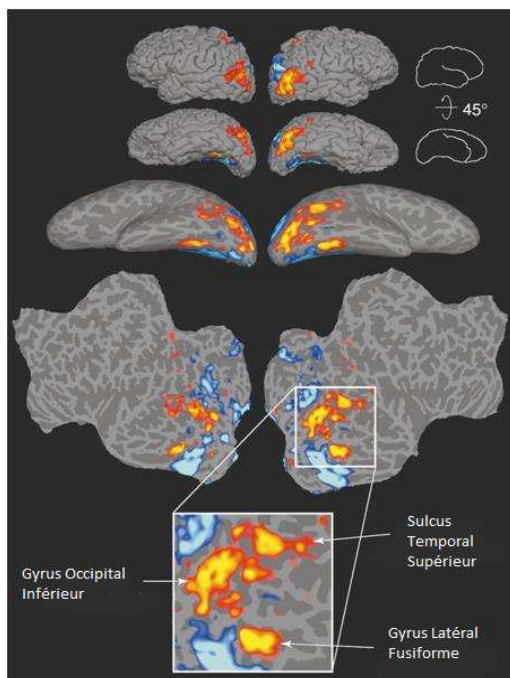


Figure 3 : Régions corticales du système central pour l'analyse visuelle des visages (données issues d'un participant). Les régions en rouge et jaune s'activent plus amplement lors de la présentation de visages que de maisons. Les figures du haut sont des vues latérales de la surface corticale. Le rang suivant montre la surface corticale de chaque hémisphère inclinée de 45° afin de montrer les surfaces latérales et ventrales du lobe temporal. Au rang suivant, la surface corticale est « gonflée » afin de montrer le cortex dans les sulci (nuance de gris plus foncée). Les dernières images montrent la surface corticale complète de chaque hémisphère aplanie à 2 dimensions. *D'après Haxby, Hoffman & Gobbini (2000).*

2. ASYMETRIE HEMISPHERIQUE DANS LE TRAITEMENT DES VISAGES

a) La prosopagnosie acquise – conséquence d’une lésion cérébrale

L’existence d’un système neuronal spécialisé dans la perception des visages a initialement été suggérée par la description clinique de cas de personnes atteintes de prosopagnosie acquise (par opposition à la prosopagnosie congénitale), un trouble spécifique de la reconnaissance des visages, qui, lorsqu’il est « pur » ne s’accompagne pas d’autres atteintes perceptives, intellectuelles ou mnésiques (Sergent & Signoret, 1992a ; 1992b). Ces patients, porteurs d’une lésion unilatérale droite ou d’une lésion bilatérale au niveau du cortex occipito-temporal ventral, sont capables de reconnaître un visage comme étant un visage, mais ne peuvent identifier la personne à partir de ses caractéristiques faciales, certains étant même incapables de différencier un homme d’une femme (Busigny, Joubert, Felician, Ceccaldi, & Rossion, 2010 ; Haxby et al., 2000). Pour identifier une personne, ils se servent donc d’autres attributs (la voix, la démarche, la coiffure, etc.). Par ailleurs, ils sont insensibles à l’effet d’inversion. Ce trouble spécifique appuie donc l’hypothèse d’une spécificité du traitement des visages par rapport à d’autres stimuli visuels (Sergent, Ohta, & MacDonald, 1992).

Au sein du gyrus fusiforme, ou dans l’aire corticale adjacente, se trouve l’aire fusiforme des visages ou Fusiform Face Area (FFA) (Kanwisher, McDermott, & Chun, 1997). Cette région est activée de manière plus importante lors de la perception de visages (photographies noires et blanches présentées selon un plan frontal, en deux tons et photographies de trois-quarts avec les cheveux cachés), lors de la présentation d’autres objets. La FFA est donc une région répondant à tous les stimuli faciaux. Chez la plupart des droitiers, l’activation de la FFA est latéralisée à droite, ou est plus importante à droite qu’à gauche. Les lésions cérébrales acquises comprenant cette région spécifique entraînent une incapacité à identifier des changements dans la configuration spatiale des visages et une prosopagnosie. Notons qu’en cas de lésions bilatérales du lobe temporal à un niveau plus antérieur, la prosopagnosie qui s’ensuit semble engendrer de moindres déficits (Barton, Press, Keenan, & O’Connor, 2002).

b) Données comportementales

Une méthode couramment utilisée pour étudier l’implication de chaque hémisphère dans la perception des visages est le paradigme de présentation en champs visuels divisés (Sergent, 1983 ; Bourne, 2006). Cette méthode suppose l’application de critères rigoureux et précis, lesquels seront exposés dans le chapitre « Méthode ». De par l’organisation des voies

visuelles, un stimulus présenté dans un champ visuel parvient d'abord à l'hémisphère controlatéral avant que l'information ne soit transmise à l'autre hémisphère. Ainsi, un stimulus présenté dans le champ visuel gauche (CVG) est projeté et traité en premier lieu par l'hémisphère droit (HD) et réciproquement, avant le transfert inter-hémisphérique des informations.

Lorsqu'a émergé l'intérêt pour l'étude de la reconnaissance des visages dans les années 1980, Sergent & Bindra (1981) ont réalisé une revue de la littérature relative à l'implication de l'HD et de l'hémisphère gauche (HG) dans le traitement des visages. Il en est ressorti un avantage, à savoir de meilleures performances de l'HD, dans les tâches nécessitant un traitement rapide et de bas niveau. Sergent & Bindra (1981) ont ainsi conclu à la supériorité de l'HD pour le traitement holistique des visages, suffisant pour, par exemple, comparer deux visages. Ces auteurs ont fait l'hypothèse que, dans des conditions où les stimuli sont incertains (affichage très rapide, visages floutés, présentation périphérique...), l'HD est plus apte et plus rapide à traiter les visages.

Dans une tâche de reconnaissance faciale, Bourne & Hole (2006) ont présenté des visages-amorces de manière unilatérale (CVG ou CVD). Le visage cible était ensuite présenté de manière centrale. Les auteurs ont observé de meilleures performances lorsque les visages étaient présentés dans le CVG – projetés vers l'HD – que lorsqu'ils étaient présentés dans le CVD. L'effet d'amorçage est donc plus prononcé dans le CVG, confirmant une spécialisation de l'HD pour le traitement des visages. Dans une seconde expérience, ces auteurs ont modulé la présentation en champ visuel divisé en présentant les amorces et les cibles unilatéralement : soit dans le même champ visuel (CV), soit en CV opposés. Les résultats observés étaient également en faveur d'une supériorité de l'HD pour le traitement des visages : l'effet d'amorçage était plus marqué pour une présentation unilatérale gauche de l'amorce et de la cible (toutes deux dans le CVG – projetées vers l'HD). Lorsque le visage-amorce était présenté dans le CVD et la cible dans le CVD, l'effet d'amorçage était toujours présent, bien que moins important. Enfin, lorsque le visage-amorce était présenté dans le CVD, la reconnaissance était facilitée en situation croisée (lorsque la cible était présentée dans le CVG). Cela suggère que la reconnaissance des visages présentés à l'HG est facilitée par le transfert inter-hémisphérique d'informations vers l'HD.

La supériorité de l'HD a également été observée pour une tâche de jugement d'expression faciale. Face à des visages présentés à l'endroit et exprimant une des six émotions primaires (colère, joie, tristesse, peur, dégoût ou surprise, telles que définies par Ekman & Friesen (1971)), les participants devaient juger quel visage (parmi deux visages juxtaposés) exprimait l'émotion de la manière la plus intense. Les participants choisissaient

majoritairement les visages présentés dans le CVG. Toutefois, présentés à l'envers, ces mêmes visages ne suscitaient pas de dominance de l'HD, mais engendraient une supériorité de l'HG. Chaque hémisphère semble donc spécialisé dans un traitement différent (Bourne, 2011) (voir d). Enfin, l'asymétrie hémisphérique pour le traitement des visages est également modulée par le genre des observateurs. Ainsi, Godard & Fiori (2012) ont mis en évidence un avantage des femmes pour la reconnaissance des visages, avec notamment de meilleures performances lorsqu'il s'agissait d'extraire les aspects invariants des visages, et surtout une transmission inter-hémisphérique des informations plus symétrique chez les femmes que chez les hommes.

c) Données d'imagerie cérébrales

L'utilisation des méthodes d'imagerie cérébrale a permis de conforter l'hypothèse de dominance de l'HD pour le traitement des visages. L'encodage structural de visages normaux, de visages dont les traits faciaux ont été mélangés, ainsi que de certains traits (les yeux essentiellement) suscitent une onde négative survenant, dans les régions inféro-temporales, environ 170 ms post-stimulus. Cette onde (nommée N170), bien que bilatérale, est plus importante sur l'HD que sur l'HG (Bentin, Allison, Puce, Perez, & McCarthy, 1996 ; George, Evans, Fiori, Davidoff, & Renault, 1996). Elle est particulièrement sensible aux visages et n'est pas évoquée par des visages d'animaux ou d'autres parties du corps humain. Ses caractéristiques (amplitude et latence) varient peu selon la position de présentation des visages et leur taille. Sa présence – bien que d'amplitude moindre – lorsque les visages sont présentés à l'envers suggère qu'elle reflète les processus d'analyse des stimuli visuels conduisant à leur labellisation dans la catégorie « visage ». Son amplitude augmente pour des visages familiers (Caharel, Fiori, Bernard, Lalonde, & Rebaï, 2006 ; Guillaume, Guillery-Girard, Chaby, Lebreton, Hugueville, Eustache, & Fiori, 2009), ce qui indique qu'en plus de l'encodage structural conduisant à la discrimination inter-catégorielle (visages vs. objets), elle reflète également une différenciation intra-catégorielle (visages familiers vs. non familiers). La présentation de visages sans certains traits faciaux suscite un retard du pic de cette onde, mais ne fait pas varier son amplitude : la présence des yeux seuls dans un visage (sans nez ni bouche) évoque cette onde, tandis que l'absence des yeux en la présence des autres traits la retarde de plus de 50 ms (Jeffreys, 1989).

A la vue d'un visage, l'activation du gyrus fusiforme droit présente une dynamique temporelle différente de celle de son homonyme gauche. Ainsi, selon Meng, Cherian, Singal, & Sinha (2012) son activation persiste jusqu'à plus de huit secondes après l'apparition du

stimulus-visage, même si celui-ci n'est présenté que très brièvement (300 ms), ce qui n'est pas le cas de sa région homonyme à gauche.

L'utilisation de l'IRMf par Yovel, Tambini, & Brandman (2008) a permis de préciser cette dominance de l'HD. Les auteurs ont présenté des visages et d'autres objets tout en enregistrant l'activité cérébrale dans la région des FFA droite et gauche. Ils ont noté une activation plus large du cortex occipital latéral droit, ainsi que du STS droit que de leurs équivalents gauches. Par ailleurs, la FFA et la partie postérieure du STS semblent plus sensibles à la répétition de visages de même identité, alors que la partie plus antérieure du STS est plus sensible à la répétition des expressions (Calder & Young, 2005). Ainsi, les représentations de l'identité et de l'expression faciale semblent codées dans des régions qui, pour être proches, n'en sont pas moins différentes. Cela explique pourquoi la lésion de régions n'appartenant pas au système central de reconnaissance (voir 1.c) des visages peut entraîner des difficultés, voire une incapacité du traitement de certaines informations véhiculées par le visage, comme l'expression faciale, sans entacher l'identification de la personne. Ainsi, une lésion bilatérale des amygdales entraîne une incapacité à différencier certaines émotions faciales, notamment les expressions de peur, de colère et de surprise, mais ne s'accompagne pas de troubles associés de la perception visuelle ou de la reconnaissance des visages (Adolphs, Tranel, Damasio, & Damasio, 1994, 1995).

d) Asymétrie des traitements

Les traitements holistique (configural) et analytique suscitent des activations cérébrales différentes, caractérisées par une certaine asymétrie.

Schiltz & Rossion (2006) ont présenté des photographies de visages séparées en leur milieu selon un plan horizontal. Chaque stimulus était ainsi composé de la photographie de la partie haute d'un visage (identique pour tous les stimuli) et de la photographie d'une partie basse qui pouvaient différer. Deux conditions de présentation étaient proposées : les deux parties du visage (haut et bas) pouvaient être alignées – condition dont les auteurs faisaient l'hypothèse qu'elle induirait un traitement holistique – ou décalées – condition induisant un traitement analytique. Les visages pouvaient également être présentés à l'endroit ou à l'envers. Les participants avaient pour consigne de focaliser leur attention sur le haut du visage. Ce paradigme a permis d'étudier l'effet composite des visages (i.e. « *face composite effect* ») : juxtaposées à des parties basses de visages différents, deux parties hautes identiques apparaissent différentes. L'enregistrement de l'activité cérébrale par IRMf a permis de mettre en évidence les régions impliquées dans le traitement holistique, à savoir le gyrus fusiforme

médian droit, ainsi que le gyrus occipital inférieur droit. Ces régions étaient activées de manière nettement plus importante lorsque les deux parties du visage étaient alignées que lorsqu'elles étaient en décalage et ce, que les deux parties du visage appartiennent à la même personne ou à deux personnes différentes. Ainsi, les deux parties des visages « unies », créant un tout homogène, suscitent un traitement holistique.

Cooper, Harvey, Lavidor, & Schweinberger (2007) ayant observé des résultats concordants avec ceux de Schiltz & Rossion (2006) ont postulé que l'HD sous-tendrait la représentation des visages de manière dépendante de l'image, sans en extraire les attributs, tandis que l'HG sous-tendrait la représentation des visages de manière indépendante de l'image présentée. Le traitement effectué lors du décalage des deux parties du visage chez Schiltz & Rossion (2006) nécessiterait alors l'extraction d'informations, ce qui serait assimilable à un traitement de type analytique. Ainsi, une première analyse holistique serait effectuée en priorité par l'HD, puis l'HG serait sollicité pour l'analyse du visage lorsque le traitement global ne suffirait pas. En outre, Cooper et al. (2007) ont émis l'hypothèse que l'HG participerait à la représentation des visages familiers, l'encodage de ces derniers se faisant de manière indépendante des images présentées (selon, par exemple, l'orientation du visage). Paller, Gonsalves, Grabowecky, Bozic, & Yamada (2000) avaient déjà évoqué cette supériorité de l'HG pour les traitements analytiques suite à la réalisation d'une tâche demandant aux participants de focaliser leur attention sur le nez au sein d'un visage, sur le visage entier ou en dehors du visage. Lors de la focalisation attentionnelle sur le nez, les activations cérébrales observées étaient situées dans les régions inféro-pariétales gauches, alors que lors de la perception globale du visage, les activations cérébrales concernaient surtout les régions frontales droites. Ces deux types de traitement seraient donc, dans une certaine mesure, sous-tendus par des réseaux, au moins partiellement, indépendants (Rossion et al., 2000). Cette hypothèse est confortée par l'observation des patients prosopagnosiques « purs », incapables de reconnaître des visages familiers (y compris le leur) mais capables d'opérer un traitement analytique leur permettant de décrire les visages et, *a contrario*, l'observation de patients incapables d'opérer une analyse trait par trait d'un visage, alors qu'ils peuvent opérer un traitement configural sans difficulté majeure (Moscovitch, Winocur, & Behrmann, 1997). Un autre argument sur la relative indépendance de ces réseaux sous-tendant ces différents traitements réside dans le fait que ces traitements ne se développent pas au même rythme : le traitement configural semble se développer plus lentement que le traitement analytique (de Heering, Houthuys, & Rossion, 2007 ; Mondloch et al., 2002). En effet, bien que présent très tôt (dès la naissance selon certains auteurs) et en tout état de cause dès l'âge de 6 ans, le traitement configural n'est pleinement efficient qu'à partir de 10 ans, comme en témoigne l'important effet d'inversion observé à cet

âge et chez les adultes, alors qu'il n'est pas observé chez les enfants de 6 ans. Il est à noter que la distance entre les traits internes d'un visage est également plus difficile à évaluer pour des enfants de 6 ans que pour des enfants de 10 ans et des adultes (Mondloch et al., 2002).

Enfin, le développement et la plasticité de l'HD semblent cruciaux pour la reconnaissance des visages. En effet, Le Grand, Mondloch, Maurer, & Brent (2003) ont montré que des enfants nés avec une cataracte opacifiant totalement l'œil gauche – et donc limitant grandement l'arrivée des informations visuelles sur l'HD – présentaient des difficultés de traitement des aspects de second-ordre (traitement configural basé sur l'analyse de la distance entre les traits faciaux) des visages alors que l'opacification de l'œil droit – informations visuelles envoyées principalement sur l'HG – n'avait pas d'effet apparent sur l'expertise du traitement des visages. De même, la prosopagnosie relèverait d'un échec massif du traitement global des visages, empêchant l'individu de se créer une représentation unie des visages. Or, celle-ci nécessiterait des connexions internes au sein-même de l'HD rendues impossibles par les lésions de cet hémisphère chez ces patients (Van Belle et al., 2011).

Ainsi, les deux types de traitement ne diffèrent pas seulement par les hémisphères qui les sous-tendent, mais également par les réseaux activés en leur sein.

Ce bref rappel sur le traitement des visages a permis de mettre en évidence la complexité des processus cognitifs mis en œuvre pour réaliser un traitement efficace et rapide, ainsi que les réseaux neuronaux qui les sous-tendent. L'utilisation de l'enregistrement des mouvements oculaires (saccades) apporte des informations supplémentaires concernant la manière dont le visage est exploré, et notamment quels sont les traits ciblés lors de la réalisation de différentes tâches (ex. reconnaissance, catégorisation / jugement facial). Dans la prochaine partie seront exposées les différentes caractéristiques du système visuel saccadique.

INTRODUCTION

PARTIE B – SACCADES OCULAIRES

“Never bend your head. Always hold it high. Look the world straight in the eye.”
Helen Keller

B. SACCADES OCULAIRES

1. INTRODUCTION

L’acuité visuelle varie à travers la rétine, de par la distribution des photorécepteurs la tapissant : les cônes et les bâtonnets. Située dans la macula, la fovéa (1,3 mm de diamètre) est formée uniquement de cônes et constitue la zone d’acuité visuelle maximale et de vision des couleurs. Les bâtonnets constituent la majorité des photorécepteurs périphériques, destinés à la vision nocturne et à la détection des mouvements, leur densité est maximale à la périphérie de la rétine et décroît à mesure vers la fovéa, où elle est nulle (Felten, 2011). La vision périphérique est donc plus floue, en lien avec la prédominance de bâtonnets dans cette région (cf. figure 4 & 5).

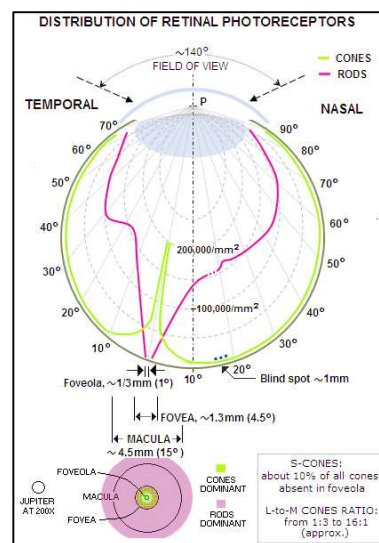


Figure 4 : Répartition des photorécepteurs (cônes et bâtonnets) sur la rétine. Issu de http://www.telescope-optics.net/eye_spectral_response.htm

Les saccades visuelles sont des mouvements balistiques de l’œil d’une vitesse moyenne se situant entre 350 et 500 deg/s, entrecoupés de périodes de fixation pendant lesquelles l’œil est stable (Becker, 1989). En déplaçant la fovéa, la réalisation de saccades nous permet d’avoir une vision détaillée des objets que nous fixons. Ces mouvements permettent également d’avoir une vision stable et cohérente de notre environnement en liant les représentations des différents objets perçus avant et après la réalisation d’une saccade (Ibbotson & Krekelberg, 2011). Ces mouvements oculaires sont réalisés sans effort et de manière non consciente, nous

permettant ainsi d'avoir une bonne représentation visuelle de notre environnement (Krekelberg, 2010).

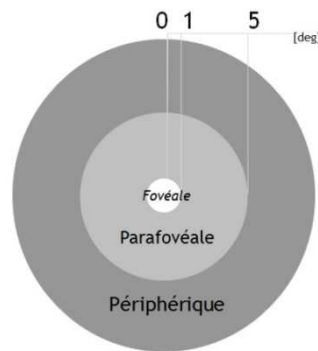


Figure 5 : Schématisation du champ visuel permettant de représenter en degrés d'angle visuel les différentes zones de vision : *Fovéale* d'un rayon de 1° d'angle visuel, *Parafovéale* d'un rayon de 4° d'angle visuel et la vision périphérique.

Au cours de la réalisation de la saccade, les informations de l'environnement ne sont pas perçues. Cet effet est plus connu sous le nom de « *suppression saccadique* » (Krekelberg, 2010; Richards, 1969). Ainsi, nous ne percevons pas – du moins de manière consciente – le déplacement de notre œil ou les changements de l'environnement pouvant avoir lieu durant ce court laps de temps. Cette suppression saccadique débute environ 75 ms avant le déplacement de l'œil, est plus importante lors du déplacement du regard et s'atténue une fois la position suivante atteinte (Krekelberg, 2010). Le stimulus n'est alors pas porté à la connaissance de l'observateur, mais peut toutefois être traité par le système visuel. Ce phénomène permet notamment de ne pas confondre le mouvement de l'œil lors de son déplacement avec le mouvement d'un objet de notre environnement (Ibbotson & Krekelberg, 2011).

Les saccades peuvent être effectuées dans le but d'obtenir des informations sur notre environnement, de rechercher de nouvelles sources de stimulation ou une cible particulière. Elles sont également mises en œuvre dans le cas d'un balayage structuré (comme dans la lecture) ou pour fixer un nouvel événement saillant. Les saccades peuvent être initiées de manières exogène ou endogène. Un déclenchement exogène est lié aux propriétés du stimulus de l'environnement, tandis qu'un déclenchement endogène est lié à l'intention, le but et/ou les croyances de l'observateur (Meeter, Van der Stigchel, & Theeuwes, 2010). Ainsi, une saccade est dite « exogène » (ou « réactive ») lorsqu'elle est guidée par les propriétés du stimulus, de manière indépendante de la volonté de l'observateur. Elle est dite « endogène » (ou « volontaire ») lorsque l'observateur sélectionne sciemment un objet de son environnement.

La réalisation d'une saccade nécessite la mise en œuvre d'une Transformation Sensori-Motrice (TSM). La position spatiale de la cible à atteindre (celle-ci pouvant être visuelle, auditive...) est tout d'abord encodée de manière sensorielle. Ce signal doit ensuite être

transformé afin de fournir les coordonnées motrices au système oculomoteur, permettant ainsi à l'œil d'atteindre la cible (Leigh, Rottach, & Das, 1997). Ce mouvement saccadique doit être programmé en fonction de la direction et de la distance de la cible à atteindre, nécessitant un délai plus ou moins important avant le déclenchement de cette saccade.

2. *PARAMETRES DES SACCADÉS OCULAIRES*

Les saccades sont caractérisées par différents paramètres temporels et spatiaux, notamment leur latence (temps de réaction saccadique) et leur métrique : direction et amplitude (i.e. distance angulaire parcourue par l'œil lors de la saccade).

a) Latences

La latence correspond à la durée de préparation de la saccade et peut être assimilée à un temps de réaction. Elle est égale au délai entre le signal de départ de la saccade (ex. apparition d'une cible à atteindre) et l'exécution du mouvement. Dans une séquence de saccades, la latence d'une saccade recouvre en grande partie la durée de la fixation précédente, durant laquelle les informations visuelles sont intégrées et traitées. Les latences moyennes des saccades dépendent de leur nature (réactive vs. volontaire). Elles peuvent varier de 80 à 250 ms (Becker in Wurtz, 1989). Elles dépendent notamment de la luminance de la cible à atteindre et sont influencées par l'incertitude quant à la direction vers laquelle la saccade doit être initiée (Becker, 1989). L'entraînement ainsi que la préparation à la réalisation d'une saccade (saccade anticipée) peuvent diminuer certaines latences (Balkenius & Johansson, 2007). L'âge est également un facteur influençant les latences des saccades : celles-ci diminuent progressivement au cours de l'enfance pour être les plus courtes chez le jeune adulte et augmentent de nouveau par la suite au cours du vieillissement (voir C.5). Enfin, la valence émotionnelle d'une cible (ex. un visage : Bannerman, Hibbard, Chalmers, & Sahraie, 2012) peut également moduler les latences.

En laboratoire, différents paradigmes expérimentaux permettent d'étudier les saccades réactives et volontaires (cf. figure 6). Dans le paradigme « Gap » (cf. figure 6.A), un délai plus ou moins important est introduit entre l'extinction du point de fixation et l'apparition de la cible. En favorisant le désengagement de la fixation, le délai introduit induit le déclenchement de saccades réactives. La situation Gap-0 ms, couramment utilisée dans la littérature implique une coïncidence temporelle entre l'extinction du point de fixation et l'apparition de la cible. À l'inverse, le paradigme « Overlap » (cf. figure 6.B) correspond à une situation expérimentale lors

de laquelle l'apparition de la cible s'effectue lorsque le point de fixation est toujours affiché (Kopecz, 1995). Il permet de tester les saccades volontaires puisque l'observateur ne doit réaliser la saccade que lorsqu'un signal lui est donné (ce signal correspond couramment à l'extinction du point de fixation).

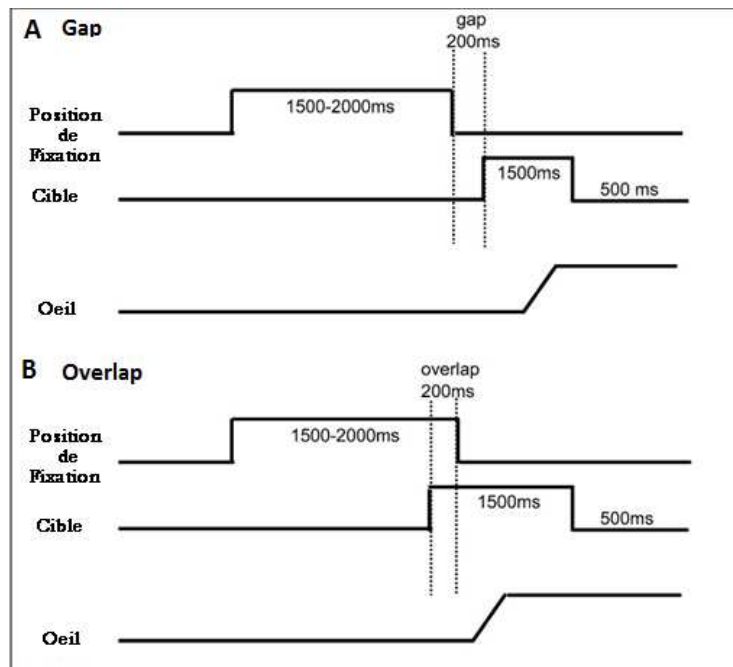


Figure 6 : Exemples de paradigmes temporels, Gap (A), où la cible apparaît ici 200 ms après l'extinction de la croix de fixation, et Overlap (B), où la cible apparaît 200 ms avant l'extinction de la croix de fixation. *Issu de Yang & Kapoula, 2006.*

Il est donc possible de manipuler expérimentalement la latence des saccades. Ainsi, le paradigme « Gap » permet un raccourcissement des latences lorsqu'un stimulus fixé disparaît moins de 120 ms avant que la cible n'apparaisse. Cet effet est robuste et paraît indépendant d'un apprentissage de la position de la cible à venir. Dans le cas du paradigme « Overlap », les latences sont allongées d'environ 250 ms (Saslow, 1967). Un autre paradigme permet d'étudier simultanément la mise en œuvre de saccades volontaires et l'inhibition de saccades réactives (Antoniades et al., 2013 ; Chen, Chen, & Tsai, 1999 ; Pierrot-Deseilligny, Milea, & Müri, 2004) : le paradigme Anti-saccade. Ce paradigme est composé de deux conditions. La première concerne la réalisation de pro-saccades, c'est-à-dire des saccades vers une cible apparente. Dans la seconde condition – anti-saccade – il est demandé aux participants d'effectuer une saccade dans la direction opposée à la cible apparente, nécessitant ainsi l'inhibition de la réponse automatique liée à l'apparition de la cible et la reprogrammation d'une saccade dans la bonne direction (Antoniades et al., 2013 ; Munoz & Everling, 2004).

b) Métriques : direction & amplitude

La réalisation d'une saccade implique la sélection d'une cible au sein d'une configuration visuelle, ainsi que le calcul du vecteur moteur de la saccade comprenant sa direction et son amplitude. La direction, ainsi que l'amplitude de la saccade peuvent être guidées par les propriétés du stimulus (mécanisme *bottom-up* ou *exogène*) ou par l'intention du sujet (mécanisme *top-down* ou *endogène*). Face à des cibles isolées relativement éloignées en excentricité du point de fixation (dès 10° d'angle visuel), une légère hypométrie des saccades est notée, avec une position d'arrivée se situant légèrement avant la cible à atteindre. Cette sous-visée donnerait lieu à des saccades « correctives », permettant de repositionner l'œil sur la cible. Pour des cibles plus proches, un phénomène de sur-visée (ou hypermétrie) est observé, donnant lieu à des saccades de retour pour atteindre la cible (Becker, 1989).

Lorsque plusieurs objets sont présentés simultanément à proximité, la position d'arrivée de la saccade se situe à une position intermédiaire entre ces différents éléments. Cet effet est connu sous le nom d'*effet global* et correspond à la moyenne des programmations saccadiques des différentes localisations à atteindre (Findlay, 1982 ; Van der Stigchel & Nijboer, 2013). Ainsi, si un distracteur est situé entre la cible et le point de fixation initial, l'amplitude de la saccade est réduite. Lorsque le distracteur est situé derrière la cible, cette amplitude est augmentée (Coren & Hoenig, 1972). La position d'arrivée de la saccade correspond au centre de gravité de la configuration visuelle formée par les deux stimuli, à savoir son centre géométrique (Coren & Hoenig, 1972 ; Findlay, 1982). Cet effet résulte de l'influence de la configuration globale de la cible à atteindre sur l'amplitude saccadique. Il est observé pour des localisations situées dans les 35° d'angle visuel autour du point de départ de la saccade et n'est plus vrai pour les distances au-delà de 45° d'angle visuel (Van der Stigchel & Nijboer, 2013).

c) Vitesse d'exécution et système oculomoteur

La durée d'une saccade dépend fortement de son amplitude et augmente avec l'excentricité de la cible à atteindre (Becker, 1989). La connaissance de la durée et de l'amplitude du mouvement réalisé permet de calculer la vitesse moyenne d'exécution de la saccade. Celle-ci augmente très rapidement avec l'amplitude pour atteindre une asymptote, liée aux propriétés du système oculomoteur (Becker, 1989). Les saccades sont initiées et réalisées plus rapidement que tout autre mouvement manifeste. Cela pourrait être lié à la faible inertie du système oculomoteur (Trottier & Pratt, 2005).

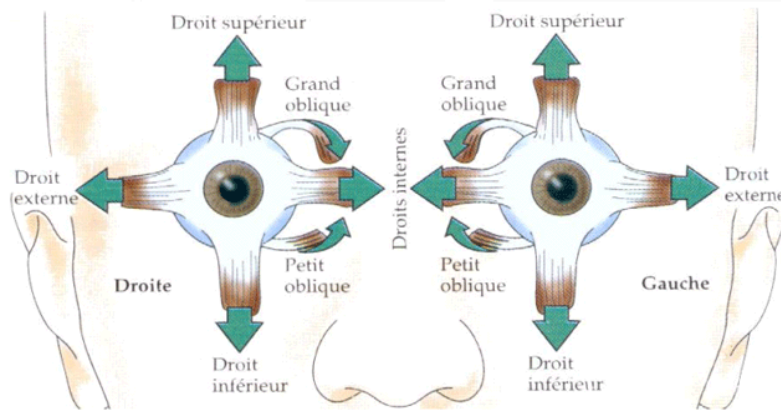


Figure 7 : Muscles oculomoteurs. Issu de http://acces.ens-lyon.fr/acces/ressources/neurosciences/vision/comprendre/VisionMarseille/supp_anato_mvts_ocul.

Le système oculomoteur est composé de trois paires de muscles antagonistes permettant des déplacements dans toutes les directions (Figure 7). Ainsi, les muscles Droits inférieur et supérieur permettent les mouvements dans un plan vertical ; les muscles Droits externe et interne – les mouvements dans un plan horizontal ; et les muscles Obliques grand et petit (ou supérieur et inférieur) permettent les mouvements de torsions. Ces différents muscles sont innervés par trois paires de nerfs crâniens : le nerf oculomoteur (III), le nerf trochléaire (IV) et le nerf abducens (VI) (Felten, 2011). Ces muscles et ces nerfs reçoivent des signaux de différentes structures cérébrales, que nous allons décrire dans la section suivante.

3. LES RESEAUX NEURONAUX

Les informations visuelles entrent dans le système visuel sous la forme d'énergie lumineuse captée par les photorécepteurs. Cette énergie est par la suite transformée en influx nerveux – ce qu'on appelle la transduction du signal lumineux. Ces informations sont par la suite transmises aux cellules ganglionnaires, leurs axones passant par le nerf optique. Ceux-ci traversent le chiasma optique jusqu'aux noyaux géniculés latéraux, puis se terminent dans plusieurs régions, dont les colliculi supérieurs, le cervelet, et le cortex visuel primaire (Felten, 2011).

a) Structures sous-corticales

(1) Les colliculi supérieurs

Le colliculus supérieur (CS) est une structure bilatérale située dans le mésencéphale. Il fait partie du circuit cérébral impliqué dans la transformation sensori-motrice. Sa principale fonction, chez les mammifères, est de permettre d'orienter leur regard vers les objets d'intérêt

de leur environnement et cela principalement grâce aux mouvements oculaires (Wurtz, 2009). Il est composé de sept couches alternatives de fibres et de neurones. Certaines parties (les plus supérieures) reçoivent des informations directement de la rétine, les parties inférieures sont reliées à d'autres structures cérébrales, comme le cortex visuel primaire. La génération des saccades, ainsi que le contrôle des fixations entre les mouvements saccadiques sont liés à l'activité des neurones des couches intermédiaires du CS. Ces neurones fournissent les informations concernant la direction et l'amplitude de la saccade à réaliser, mais ne sont pas prédicteurs de la rapidité d'exécution de la saccade, ni de sa trajectoire. Ainsi, le CS s'inscrit dans un réseau cérébral plus large, à travers ses projections thalamiques, atteignant le cortex frontal et notamment le Frontal Eye Field (Wurtz, 2009).

(2) Le cervelet

Le cervelet joue un rôle important dans le contrôle, mais non dans l'initiation des saccades oculaires. Le vermis dorsal du cervelet et le noyau fastigial sont les structures du cervelet les plus importantes pour le contrôle des saccades (Büttner & Büttner-Ennever, 2006 ; Robinson & Fuchs, 2001). En effet, ils sont impliqués dans la précision et la rapidité de l'exécution saccadique. Des lésions du cervelet peuvent induire une dysmétrie (« *pulse-size dysmetria* ») induisant une hypométrie ou hypermétrie des saccades, nécessitant ainsi la réalisation de saccades correctives. Le cervelet reçoit des afférences visuelles du colliculus supérieur, mais également de structures corticales, comme le cortex frontal.

b) Structures corticales

(1) Le cortex frontal

L'utilisation de méthodes d'imagerie cérébrale a permis de mettre en évidence les nombreuses aires cérébrales et les réseaux impliqués dans l'initiation et le contrôle des saccades (Pierrot-Deseilligny et al., 2004). Au sein du lobe frontal, trois régions sont différenciées : le Champ oculomoteur frontal (Frontal Eye Field ou *FEF*), le Champ Oculomoteur Supplémentaire (Supplementary Eye Field ou *SEF*) et le Cortex Préfrontal Dorso-latéral (*CPFDL*). Le FEF est impliqué dans la préparation et la mise en œuvre des saccades volontaires, incluant les saccades dirigées vers un objet présent (guidées visuellement), vers un objet qui va apparaître (saccade prédictive), un objet qui a disparu (saccades mémorisées) ou un objet situé

dans la direction opposée (anti-saccade). Cette région contrôle la poursuite oculaire, en lien avec les régions pariéto-temporales postérieures. Elle collabore également avec le CPFDL pour la réalisation d'anti-saccades. Le FEF initie l'anti-saccade dans la bonne direction, alors que le CPFDL inhibe les pro-saccades réflexives orientées vers la cible (Matsuda et al., 2004). Cette dernière structure est également impliquée dans la mémoire spatiale à court terme (saccades mémorisées) et dans la prise de décision (contrôle des saccades prédictives). Le SEF (voir figure 12) est en lien avec toutes les régions impliquées dans le contrôle des mouvements oculaires et le cortex pariétal postérieur. Des lésions cérébrales à ce niveau peuvent entraîner un défaut de coordination entre saccade et mouvement corporel, ainsi que des difficultés à réaliser une séquence comprenant plusieurs saccades.

(2) *Cortex pariétal*

Le Champ Oculomoteur Pariétal (*PEF*, ou Parietal Eye Field) est situé au sein de l'aire intra-pariétale latérale (Bisley & Goldberg, 2010). Il est impliqué dans les processus attentionnels, l'intégration des informations visuo-spatiales, la coordination œil-main et la génération de saccades réactives (Bisley & Goldberg, 2010). Une lésion unilatérale peut entraîner un allongement des latences de ces saccades réactives dans les deux hémisphères visuels (Pierrot-Deseilligny, Rivaud, Gaymard, Müri, & Vermersch, 1995). Ceci suggère que ces saccades réactives sont générées au sein du PEF. En outre, les latences étant plus fortement augmentées en situation Overlap que Gap, il semblerait que le PEF soit aussi impliqué dans le désengagement attentionnel (Pierrot-Deseilligny et al., 1995). Cette région est en lien direct avec le CS, le FEF et le cortex cingulaire. Enfin, la partie postérieure du Cortex pariétal est fortement impliquée dans le processus de transformation sensori-motrice (Andersen, 1989), comme en témoignent notamment les difficultés à localiser des cibles visuelles ou à se représenter les relations spatiales entre différentes cibles suite à une lésion de cette région.

(3) *Le cortex cingulaire*

Il est divisé en deux parties – antérieure et postérieure – chacune étant impliquée de manière différente. La partie antérieure du cortex cingulaire est impliquée dans le contrôle des saccades volontaires (Cingulate Eye Field, *CEF*) et notamment dans la préparation des aires frontales au mouvement à venir. Le cortex cingulaire postérieur est quant à lui plus impliqué dans les saccades réactives, bien que son rôle ne soit pas encore bien connu. Il se peut que son

rôle soit similaire à celui du CEF, c'est-à-dire qu'il aide à préparer le PEF à la réalisation d'une saccade réactive (Pierrot-Deseilligny et al., 2004).

c) Asymétrie des activations cérébrales

La comparaison d'activations cérébrales durant la réalisation de saccades guidées visuellement a permis de mettre en évidence une certaine asymétrie en lien avec les différents aspects de ces saccades. L'exécution de petites (2-5°) et de grandes (15-21°) saccades active les réseaux corticaux et sous-corticaux cités précédemment de manière bilatérale et similaire, à l'exception d'une activation plus importante de l'aire visuelle primaire lors de la réalisation de grandes saccades (Petit et al., 2009). Cependant, une plus forte activation au sein de l'HD est observée pour l'exécution de saccades guidées visuellement incluant les aires visuelles et oculomotrices (le FEF, la partie antérieure du sulcus intrapariétal, la partie postérieure du sulcus temporal supérieur et la jonction occipito-temporale, le milieu du gyrus occipital), activant ainsi un réseau proche du réseau attentionnel. Tout comme l'HD orienterait l'attention et contrôle les mouvements oculaires dans les deux champs visuels, alors que l'HG n'opérerait que dans le champ controlatéral. Ainsi, une lésion unilatérale droite du PEF engendre des difficultés plus importantes pour la réalisation de saccades guidées visuellement ou de saccades guidées par la mémoire que des lésions gauches (Pierrot-Deseilligny et al., 1995).

Une asymétrie inverse est notée, avec une activation plus large au sein de l'HG (FEF médian et aire oculomotrice le long du sillon central), correspondant alors à une activation proche du système moteur saccadique. Toutefois, Petit et al. (2009) ont nuancé ce résultat en précisant que la majeure partie de leur échantillon de participants présentait une dominance oculaire droite associée à une dominance manuelle droite. Ainsi, il n'est pas exclu que cette asymétrie soit liée à l'activation préférentielle du cortex moteur gauche pour ces « droitiers ».

4. VISAGES ET MOUVEMENTS OCULAIRES

L'utilisation de l'enregistrement des mouvements oculaires lors de l'exploration de visages a permis d'identifier les zones sujettes à un plus grand nombre de fixations, les traits faciaux principalement utilisés pour réaliser un jugement ou une reconnaissance d'identité, ainsi que les séquences d'exploration.

a) Effet de la mémoire

Dans une étude portant sur l'incidence de la mémoire sur le traitement des visages, Althoff & Cohen (1999) ont enregistré les mouvements oculaires pendant une tâche d'exploration libre de visages, connus et inconnus, et une tâche de jugement émotionnel. Les auteurs ont observé des modifications du comportement oculomoteur pour « séquencer » les visages. Ainsi, par rapport aux visages connus, les visages inconnus faisaient l'objet de fixations plus nombreuses et concernant plus de régions, ce que les auteurs ont interprété comme reflétant la nécessité d'extraire un plus grand nombre d'informations. En outre, cette exploration concernait essentiellement les traits internes du visage. En effet, les visages connus font l'objet de moins de fixations que les visages inconnus dans la région de la bouche tandis que le phénomène inverse est observé au niveau des yeux. Concernant la tâche de jugement émotionnel, l'exploration était moins symétrique que celle des visages connus, avec une dominance des fixations situées dans la partie gauche des visages observés. Ainsi, l'existence de représentation en mémoire d'un visage connu affecte le comportement oculomoteur, traduisant un effet dès les stades précoces de leur traitement. Cet *effet de la mémoire* sur le traitement des visages s'observe au cours des cinq premières fixations oculaires, quelle que soit la tâche (reconnaissance, jugement émotionnel, exploration libre). Pour les visages inconnus, les auteurs ont évoqué un biais d'exploration oculaire vers la gauche, car la partie gauche des visages (du point de vue de l'observateur) était plus souvent regardée que la partie droite. Il est à noter que cet *effet de la mémoire* apparaissait également lors d'une exploration libre, sans consigne particulière. Cet effet ne nécessiterait donc pas que l'observateur soit engagé de manière explicite dans une tâche de reconnaissance. Il s'agirait là d'une conséquence automatique des expositions précédentes au visage qui témoignerait de ce que, sous l'effet de la répétition, le pattern d'exploration évolue (Belle, Ramon, Lefèvre, & Rossion, 2010). Les mouvements oculaires peuvent donc fournir des informations sur les traitements mis en jeu. A la suite du travail d'Althoff & Cohen (1999), Ryan, Hannula, & Cohen (2007) ont observé des durées de fixation plus importantes pour explorer des visages familiers que des visages non familiers, attribuant à ce temps supplémentaire un rôle de marqueur de la recherche en mémoire de la représentation du visage familier, ce qui induirait des traitements supplémentaires. Cette augmentation du temps de fixation étant observée dès la première fixation, cela renforce l'argument d'un effet très précoce de la mémoire sur le traitement des visages. Cet effet a également été observé chez un patient atteint de prosopagnosie congénitale qui, malgré une absence de reconnaissance consciente des visages familiers, témoignait du même comportement oculomoteur que les sujets sains, effectuant plus de fixations sur les visages inconnus que sur les visages connus (Bate, Haslam, Tree, & Hodgson, 2008). Toutefois, ce

patient ne présentait pas une préférence à fixer la gauche du visage, ce qui renvoie au défaut de spécialisation de l'HD pour le traitement des visages, en lien avec sa prosopagnosie congénitale.

b) Influence du traitement engagé et de la tâche

Les deux types de traitement des visages – configural et analytique – induisent également une exploration différente des visages (Bombari, Mast, & Lobmaier, 2009). Bombari et al. (2009) ont montré que le traitement configural s'accompagnait d'un nombre de saccades plus élevé sur les différentes parties du visage, ce qui permettrait une analyse des relations spatiales entre ces traits ; par ailleurs, l'amplitude plus importante des saccades traduirait le fait que l'attention est répartie sur un grand nombre de points du visage. Lorsque le traitement est analytique, ce sont les temps de fixation sur un même trait facial qui sont plus importants, ce qui permettrait d'extraire le maximum d'informations sur ces traits particuliers. Ainsi, ces différences de comportement oculomoteur, qui surviennent très précocement et perdurent pendant l'exploration du visage, traduisent les différences de traitement des informations.

Mais l'exploration visuelle des visages varie également en fonction de la tâche assignée (Armann & Bühlhoff, 2009). Si de manière générale, les régions fixées prioritairement semblent les mêmes (celles des yeux et du nez), des différences, y compris au plan des asymétries d'exploration, sont notées pour des tâches de jugement de similarité basées sur le genre, l'identité et le degré de féminité. Bien que les yeux soient fixés de manière proportionnelle entre les deux héli-visages pour les trois tâches sus-citées, le nombre global de fixation sur le centre du visage (i.e. le nez) diffère. Une différence minime en faveur d'un plus grand nombre de fixations pour la partie gauche du nez est notée lors de la tâche de genre, différence qui s'accroît pour les tâches d'identité et de jugement de féminité. En dépit de ces différences, le centre des visages est fixé le plus fréquemment, ce qui signifie que tous les traits faciaux n'ont pas la même importance pour le traitement des visages. L'intention de l'observateur influence donc son pattern d'exploration visuelle.

Ces résultats peuvent néanmoins être nuancés si l'on prend en considération l'effet du centre de gravité pour les visages (Bindemann, Scheepers, & Burton, 2009). Partant du constat que, dans la plupart des études, les visages étaient présentés de face selon un plan horizontal, ces auteurs ont fait varier l'orientation du visage, avec des vues de face, de trois-quarts et de profil. Chaque visage pouvait être présenté dans l'un ou l'autre des quadrants de l'écran, de sorte que le participant devait forcément réaliser une saccade. La tâche consistait à catégoriser des visages selon le genre. La durée maximale de présentation des visages était de 3 secondes.

Dans ces conditions, les auteurs ont observé que l'exploration des visages variait en fonction de l'orientation du visage, mais la première fixation arrivait toujours autour du centre du visage. Cela peut être mis en relation avec l'effet de centre de gravité des objets, ou effet global mis en évidence lors de la programmation des saccades (Coren & Hoenig, 1972 ; Findlay, 1982). Les participants fixent la même coordonnée spatiale pour chaque orientation faciale, coordonnée correspondant au centre géométrique de l'objet visuel. Selon l'orientation des visages, certains traits faciaux peuvent coïncider avec ce centre géométrique. Ainsi, pour les visages présentés de face, ce sont les yeux et le nez qui sont les plus proches de ce centre géométrique tandis que pour les vues de trois-quarts, seul l'un des deux yeux en est proche. De même, pour les vues de profil, la première fixation arrive sur la joue, entre l'œil et l'oreille. Ce ne serait qu'après cette première fixation dirigée vers le centre géométrique du visage que les fixations suivantes se dirigeraient vers les traits faciaux les plus proches, les yeux notamment.

INTRODUCTION

PARTIE C – VIEILLISSEMENT CEREBRAL

“Age is an issue of mind over matter. If you don't mind, it doesn't matter.”

Mark Twain

C. VIEILLESSEMENT CEREBRAL

1. GENERALITES

De nombreux domaines, de la perception aux fonctions supérieures, témoignent du vieillissement cognitif et de ses effets délétères. Ici, l'intérêt sera porté plus particulièrement sur certains des processus et mécanismes impliqués dans la reconnaissance des visages, à savoir la perception et les fonctions visuo-spatiales, mais également les saccades oculaires. Le vieillissement semble affecter de manière précoce les capacités non verbales par opposition aux capacités verbales. Les aptitudes spatiales semblent donc affectées plus tôt que d'autres. Il est toutefois important de se souvenir que le déclin cognitif lié à l'âge est bien moindre que ce que l'on pouvait penser il y a une vingtaine d'années et est caractérisé par de grandes différences intra- et inter-individuelles (Abel, Troost, & Dell'Osso, 1983 ; Brouillet, 2011). Les facteurs pouvant influencer ce phénomène sont divers : le niveau socio-éducatif, le genre (van Hooren et al., 2007 ; Fiori, Stern & Samson, 2011), la qualité de vie (Cirelli, 2012), le bilinguisme (Bialystok, Craik, & Freedman, 2007) ou encore la pratique régulière d'une activité physique (Audiffren, André, & Albinet, 2011) pour n'en citer que quelques-uns.

Deux théories sont principalement évoquées pour expliquer les altérations cognitives observées au cours du vieillissement. La première postule un mécanisme unique non différencié désigné sous le terme de « *cause commune* » (« *Common cause* ») (Park, Polk, Mikels, Taylor, & Marshuetz, 2001). Le ralentissement, perceptible à différents niveaux de traitement des informations – depuis les étapes perceptives jusqu'à la prise de décision - serait responsable du déclin des performances au cours du vieillissement (Salthouse & Somberg, 1982 ; Salthouse, 1996). Différents processus pourraient être en cause dans ce phénomène : la baisse de l'acuité sensorielle (notamment auditive et visuelle, Baltes & Lindenberger, 1997), la réduction du volume cérébral (en particulier dans les régions frontales, de l'insula antérieure et du cervelet), la réduction du rapport entre les quantités de substance grise et de substance blanche, le changement de connectivité structurale et fonctionnelle entre le cervelet et les régions motrices et sensorielles en lien avec l'attention et / ou la démyélinisation des axones, entraînant une baisse de la vitesse de conduction de l'influx nerveux (Eckert, 2011). Ce ralentissement réduirait

la quantité d'information traitée par les personnes âgées par rapport aux jeunes adultes (Verhaeghen & Cerella, 2002).

La seconde théorie postule que le déclin cognitif serait lié à une altération de mécanismes cognitifs spécifiques (Park et al., 2001) et notamment à un défaut d'efficacité des fonctions exécutives. Ces dernières sont utilisées pour la réalisation de nombreuses tâches cognitives, comme le raisonnement, l'encodage stratégique, la récupération d'informations en mémoire à long terme, le contrôle de notre comportement et des réponses automatiques, la sélection d'informations pertinentes ou encore l'alternance entre différentes sources d'informations (attention divisée). Ces déficits seraient liés à des changements, anatomiques et fonctionnels, intervenant au niveau du cortex pré-frontal (Cabeza, 2013). Bien que la mise en œuvre de la flexibilité mentale soit coûteuse en temps et en précision, certains facteurs comme l'entraînement à la tâche permettent une amélioration des performances. De même, ce coût varie également en fonction des paradigmes et des mesures réalisées (Hodzik, Ardiale & Lemaire, in Brouillet, 2011). En définitive, les différentes fonctions cognitives et mécanismes cités précédemment interagissent les uns avec les autres de manière complexe.

Ainsi, les mécanismes plus généraux, comme la vitesse de traitement de l'information, et plus spécifiques, comme le contrôle exécutif, permettent d'expliquer la variabilité inter et intra-individuelle observée lors de la sollicitation des fonctions cognitives les plus complexes, ces différents mécanismes ne déclinant pas au même rythme chez un même individu, mais également d'un individu à l'autre.

2. MODELES DU DECLIN COGNITIF

Les différents modèles présentés ci-dessous, modèle du déclin de l'Hémisphère Droit (Dolcos, Rice, & Cabeza, 2002), modèle HAROLD (*Hemispheric Asymmetry Reduction in OLder* ; Cabeza, 2002) ou PASA (*Posterior-Anterior Shift with Aging* ; Davis, Dennis, Daselaar, Fleck, & Cabeza, 2008) ont tous comme conséquence commune, dans le cas de la reconnaissance des visages, une réduction de l'asymétrie hémisphérique. Pour les modèles du déclin de l'HD et HAROLD il s'agit d'une plus forte symétrie d'activation entre les deux hémisphères cérébraux, tandis que pour le modèle PASA il s'agit d'une réduction de l'asymétrie entre les régions antérieures et postérieures des hémisphères. Ces changements d'activations cérébrales peuvent être liés à des changements de l'« architecture » cognitive au cours du vieillissement, comme une altération de certaines structures ou processus cognitifs (c'est le point de vue *Psychogène*). Une autre explication concerne les changements de l'architecture neuronale et de la

neurotransmission (c'est le point de vue *Neurogène*), qui impliquerait un changement des fonctions liées aux différentes régions cérébrales et / ou les liens entre ces régions (Cabeza, 2002).

a) Modèle du déclin de l'HD

Comme nous l'avons vu précédemment, les hémisphères cérébraux sont anatomiquement et fonctionnellement asymétriques. De l'avancée en âge résulte une diminution de cette forte latéralisation cérébrale présente chez le jeune adulte, induisant une plus forte symétrie hémisphérique. Le modèle du déclin de l'Hémisphère Droit (Dolcos et al., 2002) postule que l'HD est plus sensible aux effets du vieillissement que l'HG. Ainsi, les fonctions cognitives sous-tendues par cet hémisphère déclineraient plus rapidement et/ou de manière plus importante que celles sous-tendues par l'HG. Ce postulat est étayé par des études s'étant penchées sur les différences de performance des aptitudes verbales vs. aptitudes spatiales. En effet, chez les personnes droitères, l'HG sous-tend le traitement des informations verbales, tandis que l'HD est plus impliqué dans le traitement des informations visuo-spatiales (Borgo, Semenza, & Puntin, 2004 ; Flöel et al., 2001 ; Tzourio-Mazoyer et al., 2010). Or, les capacités spatiales diminuent avec le vieillissement alors que les capacités verbales restent stables ou, dans certains cas, s'améliorent (Goldstein & Shelly, 1981 ; Rozencwajg et al., 2005). Dans une revue portant sur diverses études évaluant les conséquences de lésions cérébrales unilatérales, Klisz (1978) a montré que les personnes âgées présentaient des performances pouvant s'apparenter à celles de patients cérébro-lésés à droite.

Par ailleurs, il est important de souligner que les fonctions perceptives visuelles diminuent au cours du vieillissement, notamment pour le traitement des stimuli de second ordre, plus complexes (Faubert, 2002 ; Habak & Faubert, 2000). Des études portant sur le traitement sensorimoteur ont également mis en évidence un déclin plus important des fonctions sous-tendues par l'HD (Riege, Metter, & Williams, 1980 ; Weller & Latimer-Sayer, 1985). Ce phénomène a également été décrit dans le cas du traitement des émotions par McDowell, Harrison, & Demaree (1994). Comparées à des adultes jeunes, les personnes âgées présentaient un déficit dans la reconnaissance des émotions faciales négatives avec une préservation de la reconnaissance des émotions positives. Ces résultats peuvent être interprétés à travers le prisme de deux modèles de traitement des émotions : le modèle de la valence émotionnelle où chaque hémisphère est spécialisé dans le traitement de valences émotionnelles différentes – l'HD traiterait les émotions négatives et l'HG traiterait les émotions positives – et le modèle de l'HD postulant que toutes les émotions seraient traitées par cet hémisphère. Quel que soit le

modèle de référence, les résultats présentés par McDowell et al. (1994) soutiennent l'hypothèse du déclin de l'HD.

Toutefois, les études sur cette question du déclin de l'HD ne témoignent pas de résultats homogènes. Ainsi, dans une recherche sur les capacités mnésiques (verbale et spatiale), Schear & Nebes, (1980) ont montré un déclin homogène selon ces deux modalités mnésiques. Une étude plus récente (Park et al., 2002) conforte les résultats de Schear & Nebes, (1980) et les étend à d'autres dimensions de la mémoire, à savoir la mémoire à court terme, la mémoire de travail et la mémoire à long terme. Le profil de déclin de ces différentes facettes de la mémoire paraît similaire et ce, dans ses deux modalités – verbale et spatiale. En faisant appel à un important groupe de participants de 20 à 80 ans, ces auteurs ont pu noter que le déclin cognitif lié à l'âge est constant au cours des différentes décennies : le taux de déclin serait similaire entre 20 et 30 ans et entre 70 et 80 ans. Toutefois, en dépit de cette similarité des taux de déclin par décennie, la proportion de capacités perdues vs. préservées est plus importante à 70 ans qu'à 30 ans. Les auteurs expliquent cela par la réduction des ressources cognitives. Ainsi, vers l'âge de 50 ans, ce déclin deviendrait gênant pour les tâches nécessitant un effort cognitif important et, se poursuivant, deviendrait gênant y compris pour les activités quotidiennes vers l'âge de 80 ans. Il paraît donc plus judicieux de parler en termes de difficultés cognitives liées à la tâche à réaliser (niveau de complexité) qu'à sa composante principale (verbale ou spatiale). En effet, les tâches auxquelles les personnes âgées rencontrent le plus de difficultés sont les tâches exigeant un effort cognitif important ou une récupération volontaire d'informations en mémoire (Park et al., 2001). Il en va de même pour les tâches émotionnelles. En effet, certaines études mettent en évidence des patterns d'asymétries gauche-droite similaires pour les adultes jeunes et âgés (Cherry, Hellige, & McDowd, 1995). Enfin, certaines tâches perceptives en champ visuel divisé ne confortent pas ce modèle du déclin de l'HD (Cherry et al., 1995 ; Nebes, Madden, & Berg, 1983).

Il ressort de ces résultats que le modèle du déclin de l'HD ne peut pas, à lui seul, expliquer les différents patterns de déclin cognitif liés au vieillissement. Le modèle HAROLD, présenté ci-dessous, le complète.

b) Modèle HAROLD

Le modèle HAROLD (pour *Hemispheric Asymmetry Reduction in OLDer*) a été présenté par Cabeza (2002) suite à divers travaux de recherche mettant en évidence une réduction des asymétries des activations hémisphériques avec l'avancée en âge, et notamment une étude

portant sur l'encodage et la récupération d'informations en mémoire lors de l'apprentissage de paires de mots (Cabeza et al., 1997). L'enregistrement du flux sanguin cérébral par Tomographie par Emissions de Positons (TEP) a mis en évidence des différences d'activation entre les participants jeunes et âgés. Ainsi, l'activité du cortex pré-frontal (CPF) des participants jeunes était latéralisée à gauche durant l'encodage de mots, et latéralisée à droite durant la récupération de ces informations (cf. modèle *HERA (Hemispheric Encoding Retrieval Asymmetry)* ; Habib, Nyberg, & Tulving, 2003). Chez les participants âgés, l'activité du CPF était sensiblement réduite durant l'encodage et apparaissait plus bilatérale que chez les participants jeunes durant la récupération des informations. Cabeza et al. (1997) ont conclu à une réduction de l'activité cérébrale locale liée à l'âge, pouvant signifier une moindre efficacité des processus de traitement, mais également une augmentation d'activité liée à l'âge, qui, selon lui, serait le signe de mécanismes de compensation. Ces résultats sont en accord avec ceux de l'étude de Reuter-Lorenz et al. (2000) portant sur la mémoire de travail verbale et visuelle. En effet, les participants jeunes présentaient une asymétrie hémisphérique « classique », en lien avec la tâche effectuée – activité plus importante, dans l'HG pour la tâche verbale, dans l'HD pour la tâche visuelle – alors que les personnes âgées présentaient une activité à la fois bilatérale et plus antérieure que chez les jeunes adultes pour les deux types de tâches. Le cortex pré-frontal dorso-latéral (CPFDL) gauche s'activait durant la tâche visuelle, l'inverse étant observé pour les tâches verbales. Il est important de noter que, au-delà de ces différences d'activation cérébrale, les performances des deux groupes étaient similaires dans les deux modalités, ce qui conforte l'hypothèse de mécanismes cérébraux de compensation se traduisant par un maintien de l'efficacité au plan comportemental. Enfin, dans une tâche de localisation spatiale, Grady et al. (1994) ont également montré une activité du cortex pré-frontal plus équilibrée entre les deux hémisphères chez les participants âgés que chez les participants jeunes. En s'appuyant sur ces différentes études, Cabeza (2002) a proposé un modèle généralisant ces observations à d'autres fonctions que la mémoire : au cours d'une tâche cognitive, l'activité du CPF a tendance à être moins latéralisée chez les personnes âgées que chez les jeunes adultes. Ce phénomène peut être expliqué en termes de *compensation* ou comme une sorte d'artefact résultant d'un mécanisme de *dédifférenciation*, reflétant la difficulté à mettre en œuvre un mécanisme neuronal spécifique, probablement lié à la baisse d'efficacité de la neurotransmission.

(1) Compensation

L'augmentation des activations bilatérales pourrait être un mécanisme permettant de compenser certains déficits neurocognitifs liés au vieillissement. Cette hypothèse est corroborée en premier lieu par le lien entre activités cérébrales et performances cognitives. De meilleures performances cognitives ont été observées chez les personnes âgées témoignant d'une activation cérébrale bilatérale par comparaison à celles qui, pour une même tâche, témoignent d'activations unilatérales : c'est le cas notamment pour la rapidité, plus importante, sur des tâches de mémoire de travail (Reuter-Lorenz et al., 2000). Lorsqu'une tâche paraît cognitivement plus coûteuse pour les personnes âgées que pour les jeunes adultes, des régions supplémentaires seraient activées afin de contribuer au maintien d'une bonne performance comme, par exemple, l'activation des CPF droit et gauche lors d'une tâche de récupération d'informations épisodiques (Nolde, Johnson, & Raye, 1998). Ce mécanisme de compensation relèverait de phénomènes de plasticité cérébrale comme cela peut être observé chez certains patients cérébro-lésés chez lesquels une récupération cognitive s'accompagne de réorganisations des activités cérébrales (Di Filippo et al., 2008 ; Lledo, Alonso, & Grubb, 2006). On sait que, suite à une lésion cérébrale unilatérale, des régions homologues se situant dans l'hémisphère controlatéral à cette lésion peuvent être recrutées afin de suppléer aux incapacités et permettre ainsi une certaine récupération cognitive. C'est ainsi que la récupération d'une aphasie liée à une lésion du CPF gauche peut être facilitée par l'activation des régions homologues du CPF droit (Cabeza, 2002). Du fait de l'activation de cette zone hétérogène limitrophe au site lésionnel, (Di Filippo et al., 2008), il en résulte une activation bilatérale, comme celle observée au cours du vieillissement. Cette activation cérébrale bilatérale observée chez les personnes âgées pourrait donc également avoir un rôle de compensation d'une perte neuronale et / ou d'une baisse d'efficacité du phénomène de neurotransmission. Cette perte est évidemment moindre et moins brutale que celle liée à une lésion cérébrale acquise. Les changements cérébraux fonctionnels et structuraux se développent sur plusieurs décennies, avec pour conséquences une altération légère voire modérée des fonctions cognitives.

(2) Dédifférenciation

Une seconde hypothèse concernant la raison de cette diminution d'asymétrie hémisphérique au cours du vieillissement est celle de la dédifférenciation des capacités cognitives. Au cours du développement de la petite enfance à l'âge adulte, une spécification des fonctions cognitives est observée, processus pouvant être assimilé à une différenciation des

processus cognitifs. A l'inverse, de l'âge adulte à un âge avancé, différentes fonctions cognitives nécessitent la mise en œuvre de moyens communs. Ainsi, une cause commune responsable des altérations cognitives associées au vieillissement pourrait se dégager. Selon Baltes & Lindenberger (1997), il pourrait s'agir d'une altération des fonctions sensorielles et cognitives résultant de changements structurels et fonctionnels du cerveau. Cette hypothèse de dédifférenciation est soutenue par l'augmentation des corrélations entre différentes mesures des fonctions cognitives, mais également entre les mesures aux fonctions cognitives et sensorielles au cours du vieillissement (Cabeza, 2002). Notons que, dans le fonctionnement cognitif, la part des différences individuelles liée aux fonctions sensorielles augmente en moyenne de 20 points – passant de 11% à 31% – entre l'âge adulte et l'âge avancé (Baltes & Lindenberger, 1997). Le déclin des performances cognitives, l'augmentation des corrélations entre les mesures aux fonctions sensorielles et cognitives et l'augmentation de la variabilité intra- et inter-individuelle peut être expliquée par une baisse de l'efficacité des neurotransmetteurs et notamment des catécholamines (Li & Lindenberger, 1999). Celles-ci jouent un rôle d'accentuation du rapport signal / bruit de l'activité neuronale. La baisse de leur production au cours du vieillissement induirait une augmentation du « bruit » neuronal dans le cerveau âgé.

Finalement, ces deux approches –mécanismes de compensation et mécanismes de dédifférenciation – ne sont ni incompatibles ni mutuellement exclusives (Cabeza et al., 2004). Il est en effet très possible que la dédifférenciation neurocognitive joue un rôle compensatoire pour le cerveau vieillissant, ce qui serait bénéfique pour les performances cognitives qui pourraient ainsi se maintenir à un niveau correct, voire élevé dans certaines situations. Enfin, on peut souligner, comme Cabeza (2013), que les traitements cognitifs sous-tendus par le cerveau de la personne âgée relèvent plus d'un fonctionnement différent que d'une simple version plus faible du traitement cognitif du cerveau du jeune adulte.

c) Modèle PASA

Lors de tâches perceptives, une plus forte activation des aires frontales (antérieures) en réponse à une réduction des capacités de traitement visuel (aires postérieures) peut être observée (Grady et al., 1994). Le modèle PASA (*Posterior-Anterior Shift with Aging*) postule ainsi que pour compenser des déficits du lobe occipital, des aires habituellement dédiées aux traitements plus complexes (CPF) sont activées (Cabeza in Stuss & Knight, 2013). Cela a d'abord été observé dans l'étude de Grady et al. (1994) portant sur une tâche d'appariement de visages.

Les personnes âgées présentaient des performances de reconnaissance similaires à celles des jeunes adultes, même si leurs temps de réponse étaient plus longs. Les activations de type PASA seraient indépendantes de la tâche et de sa difficulté. Elles auraient un rôle de compensation, comme en témoignent la réduction de l'activation du lobe occipital s'accompagnant d'une augmentation de l'activation du CPF, une corrélation positive entre l'activation du CPF et les performances cognitives étant observée chez les personnes âgées. Enfin, parallèlement aux activations supplémentaires des aires antérieures par comparaison à ce qu'on observe chez les jeunes adultes, une désactivation de certaines régions est également observée, et notamment au sein du CPF médian, région dont l'activité devrait être inhibée pour que la tâche soit réalisée de manière optimale (Davis et al., 2008). Ces réorganisations des activations répondant au modèle PASA ont été observées pour diverses fonctions : attention, perception visuelle, traitement visuo-spatial, mémoire de travail et encodage et récupération des informations en mémoire épisodique. A l'aide de différentes tâches, Cabeza et al. (2004) ont mis en évidence que pour toutes les tâches proposées, les régions occipitales présentant une réduction d'activité et les régions du CPF présentant une augmentation d'activité étaient les mêmes. Cette observation confirme que le modèle PASA est généralisable à diverses tâches et fonctions cognitives.

3. *ALTERATIONS CERVEALES LIEES AU VIEILLESSEMENT*

Au cours du vieillissement, le volume global du cerveau a tendance à diminuer de manière progressive. Toutefois, toutes ses parties ne sont pas atteintes de la même manière. Ainsi, la partie la plus atteinte est le cortex frontal, puis les aires médio-temporales. Le volume du cortex occipital est le moins altéré par l'avancée en âge (Park et al., 2001). Une réduction du volume de la matière grise et de la substance blanche est observée, accompagnée d'une démyélinisation (Volkow et al., 2000). Le nombre de récepteurs et transporteurs de la dopamine, ainsi que les vésicules la contenant diminuent avec l'âge, avec un taux de perte de 2 à 8% par décennie. Cette perte au niveau cellulaire est corrélée avec une réduction de l'activité du métabolisme des lobes frontaux et du cingulum (Volkow et al., 2000).

a) *Changements cérébraux liés à l'âge*

(1) *Réduction du volume cérébral*

Comme dit précédemment, la région cérébrale la plus sensible au vieillissement est le CPF et notamment ses parties latérales. Celles-ci sont les plus touchées par une réduction de

volume de matière grise au cours du vieillissement (Raz et al., 2004). Les études longitudinales mettent en évidence que cette atrophie du CPF latéral est plus importante de 0,9 à 1,5% par an que celles des régions postérieures. Par ailleurs, les baisses de performances observées pour les fonctions exécutives et notamment les capacités de contrôle exécutif sont corrélées avec cette atrophie (Cabeza, 2013). Mais d'autres régions, comme les ganglions de la base et le thalamus, sont apparemment l'objet d'une certaine atrophie. Ainsi, les changements corticaux observés au niveau du CPF ne sont pas isolés et s'inscrivent dans un ensemble, probablement hétérogène, de changements cérébraux. Il faut noter également que l'atrophie cérébrale n'est pas linéaire au cours de l'avancée en âge mais semble devenir plus prononcée à un âge avancé (environ 80 ans dans l'étude de Raz et al., 2005). Des régions en sont préservées comme, par exemple, le lobule pariétal inférieur ou le cortex visuel (Raz et al., 2004).

La perte de substance blanche s'étend à tout le cerveau, mais reste plus marquée au sein du CPF, où la diminution de la substance blanche semble plus prononcée que celle de la substance grise (Double et al., 1996). Selon certains auteurs, cette perte serait initiée dès la cinquantaine alors que pour d'autres, elle ne commencerait qu'à partir de 70 ans (Cabeza in Stuss & Knight, 2013 ; Westlye et al., 2010). Au sein du CPF, la réduction du volume de substance blanche des aires antérieures est associée à une diminution des performances en mémoire de travail et à une réduction de la vitesse de traitement, alors qu'une réduction dans les régions postérieures semble accompagner une réduction des capacités d'inhibition et de flexibilité mentale (Raz et al., 2005). L'étude de Li, Moore, Tyner, & Hu (2009) a permis d'illustrer ces changements, fonctionnel et structurel, par l'utilisation de deux méthodes d'imagerie complémentaires – l'Imagerie par Résonance Magnétique fonctionnelle (IRMf) et l'Imagerie du Tenseur de Diffusion (DTI) qui permettent, respectivement, d'évaluer les volumes de substance grise et de substance blanche – au cours d'une tâche de mémoire de travail. Au repos, les personnes âgées témoignent d'une réduction de connectivité fonctionnelle entre les régions du CPF et les aires pariétales dans les deux hémisphères, avec néanmoins une asymétrie de cette réduction, laquelle est plus marquée dans l'HD que dans l'HG. Les images de la DTI ont permis d'observer une réduction asymétrique des connexions structurelles entre différentes régions cérébrales (voies), cette réduction étant plus marquée dans l'HG que dans l'HD (Figure 8).

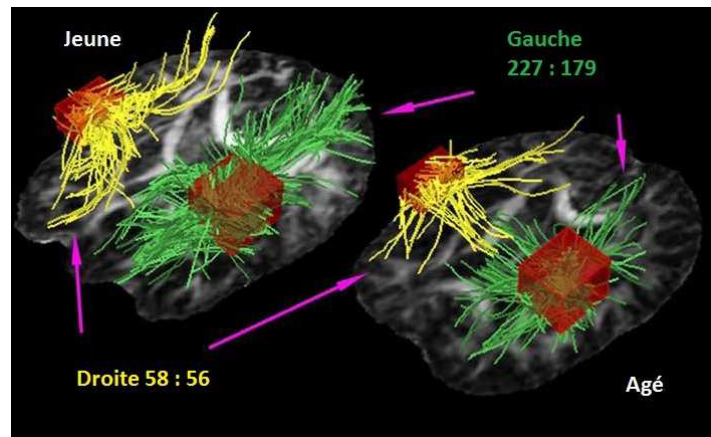


Figure 8 : Images issues de la DTI représentant les connexions structurales (substance blanche) entre les CPF vers d'autres aires cérébrales pour un sujet jeune et âgé, avec le nombre moyen de voies dénombrées pour l'HG et l'HD. Adaptée de *Li et al. (2009)*.

Les changements d'activité observés au cours du vieillissement au sein des CPF pourraient être l'illustration d'un changement de connectivité fonctionnelle entre les CPF et les régions pariétales. En effet, la baisse d'activité des régions pariétales droites nécessiterait, un phénomène de compensation au sein du CPF ipsilatéral qui serait ainsi le siège d'une plus forte activation, ce qui entraînerait une asymétrie hémisphérique. Ainsi, plus la connexion droite entre les aires du CPF et les aires pariétales serait réduite, par comparaison à la connexion existant à gauche, plus l'activation du CPF droit serait importante par comparaison à celle du CPF gauche. Ce phénomène peut constituer un argument en faveur du modèle de déclin de l'HD exposé précédemment. Les données issues de la DTI montrent que le déclin de la connectivité structurale est asymétrique au cours du vieillissement. Chez les participants âgés ayant une meilleure préservation des connexions structurales au sein de l'HD, les activations du CPF sont plus marquées à droite qu'à gauche (Li et al., 2009). Par ailleurs, la réduction des connexions structurales semble plus marquée au sein de l'HG – avec une diminution moyenne de 227 à 179 voies ou faisceaux de matière blanche reliant différentes régions / structures entre elles – qu'au sein de l'HD avec une diminution moyenne de 58 à 56 voies. Ainsi, la combinaison de ces deux méthodes d'imagerie a permis de montrer une réduction plus importante de la connectivité fonctionnelle au sein de l'HD tandis que c'est la connectivité structurale qui serait réduite au sein de l'HG. L'ensemble de ces données est compatible avec les deux modèles présentés précédemment (le modèle du déclin de l'HD et le modèle HAROLD) et met en évidence deux niveaux d'asymétrie : fonctionnel et structurel. Selon Raz et al. (2004), les différents changements volumétriques du CPF peuvent être influencés par différents facteurs, dont des micro-ischémies sub-corticales situées en périphérie des zones irriguées par l'artère cérébrale moyenne, une plus grande plasticité des circuits du CPF ainsi qu'un déclin du système de neurotransmission, celui des catécholamines notamment et plus précisément par une réduction de concentration en dopamine au sein du CPF. Cette diminution de projection de la dopamine et

de sa disponibilité au sein de cette région serait responsable de déficits cognitifs et notamment de difficultés de mémoire de travail (Braver & Barch, 2002) ou d'inhibition (Volkow et al., 1998). La réduction de la disponibilité de la dopamine au sein du striatum a également un impact sur les fonctions sous-tendues par le CPF, comme la vitesse de traitement ou la mémoire de travail. Ainsi, les patients souffrant de la maladie de Parkinson (caractérisée par un déficit de concentration de dopamine) présentent ce type de difficultés, lesquelles sont modulables par un traitement visant à augmenter cette concentration (Cabeza, 2013).

b) Plasticité cérébrale et cognitive

(1) Plasticité cérébrale

Durant de nombreuses décennies, l'idée selon laquelle de nouveaux neurones ne pouvaient être générés au sein du cerveau adulte des mammifères a prévalu. Plus récemment, cette capacité du cerveau à renouveler ses cellules neuronales a été montrée pour certaines régions (Gross, 2000), avec notamment l'apparition de nouveaux neurones au sein du gyrus denté (Cameron, Woolley, McEwen, & Gould, 1993) et de l'hippocampe (Gould, Tanapat, Hastings, & Shors, 1999) de rongeurs. Cette génération quotidienne de neurones, bien que ne constituant qu'une infime proportion de la population neuronale globale, induit inévitablement des changements structurels (Gross, 2000). Différentes conditions peuvent moduler la prolifération de ces neurones au niveau de l'hippocampe (Gross, 2000). Ainsi, leur génération est ralentie au cours du vieillissement (Kuhn, Dickinson-Anson, & Gage, 1996 ; Mirmiran, van Someren, & Swaab, 1996) et est soumise à l'influence du stress chronique ou aigu (Gould & Tanapat, 1999). La plasticité neuronale et cognitive est présente tout au long de la vie, bien qu'elle se réduise au cours du vieillissement (Jones et al., 2006). Ainsi, le cerveau n'est pas soumis à un déclin passif, mais est une structure dynamique, modelée par l'expérience et qui, si elle témoigne de pertes, témoigne également de gains au fil de l'âge, y compris à un âge avancé (Park et al., 2001).

La compensation, telle qu'elle est représentée par le modèle HAROLD notamment, est également une forme de plasticité cérébrale et d'adaptation aux changements. En 2013, Cabeza a modélisé ce phénomène de compensation (voir figure 9).

Modèle de la compensation liée à l'âge

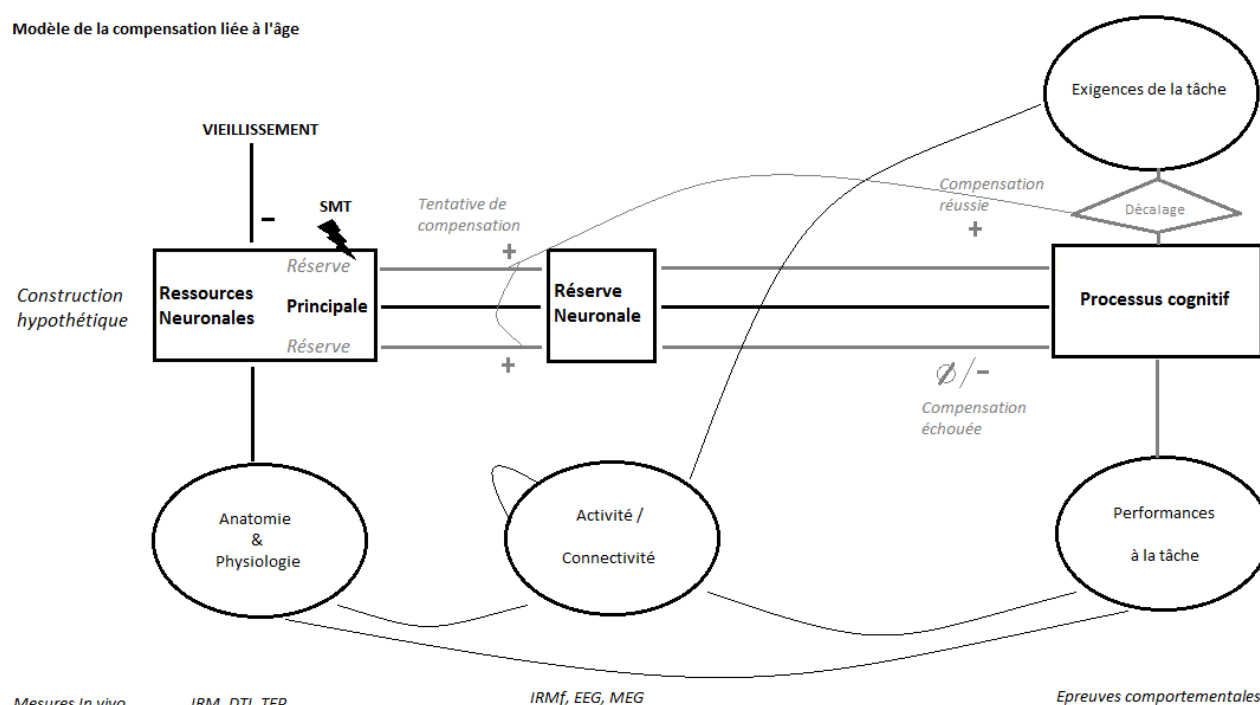


Figure 9 : Modèle de compensation liée à l'âge. Il comprend trois constructions théoriques (rectangles) et quatre variables mesurables (cercles). Un écart entre les processus cognitifs disponibles et les exigences de la tâche en cours entraîne le recrutement de réserves de ressources neuronales, qui induit une hausse de la réserve neuronale (tentative de compensation). Cette hausse peut dans le cas d'une compensation réussie améliorer le traitement cognitif. *Adapté de Cabeza (2013).*

Dans ce modèle, les « ressources neuronales » correspondent à la capacité générale du cerveau à réaliser des traitements cognitifs, à travers son intégrité anatomique et physiologique. Elles peuvent être observées par des méthodes d'imagerie comme l'IRM anatomique, la DTI ou la TEP et affectées par l'utilisation de la Stimulation Magnétique Transcrânienne (SMT). Ces ressources neuronales sont constituées de « ressources principales », utilisées habituellement pour réaliser une tâche spécifique et de « ressources de réserve », engagées lorsque les ressources « principales » ne sont plus suffisantes. La « réserve neuronale » correspond à la quantité de ressources neuronales déployée pour réaliser une tâche à un instant t , incluant les ressources principales et les ressources de réserve. Ici, elle équivaut à l'activité neuronale et la connectivité entre différentes régions cérébrales, ce qui peut être observé par l'IRMf, l'Electroencéphalographie (EEG) et la Magnétoencéphalographie (MEG). Le « processus cognitif » renvoie aux traitements cognitifs et aux stratégies utilisées (attention, mémoire, etc.) s'exprimant en termes de performances (pourcentage de bonnes réponses, temps de réponse) aux tests comportementaux. Les « exigences de la tâche » font référence à la quantité et à la qualité des traitements cognitifs requis pour l'accomplissement d'une tâche cognitive spécifique. Ces différents systèmes interagissent, s'influencent et/ou s'inhibent mutuellement. Selon ce modèle, la réduction des ressources neuronales induit une réduction des réserves neuronales, ce qui a pour conséquence une baisse des capacités de traitement cognitif avec

l'avancée en âge. Il se crée ainsi un décalage entre les ressources disponibles et les exigences des tâches auxquelles sont confrontées les personnes âgées au quotidien. Pour combler au mieux ce décalage, les personnes âgées feraient appel aux ressources de réserves disponibles.

(2) *Influence des facteurs extérieurs*

Différents facteurs externes influencent le maintien ou le déclin des fonctions cognitives au cours du vieillissement. Le mode de vie, comme le niveau d'éducation, les loisirs pratiqués, l'engagement intellectuel et l'expertise sont des facteurs jouant un rôle important dans ces processus. L'activité physique, le régime alimentaire et les interactions sociales sont des facteurs supplémentaires permettant un bon maintien des capacités cognitives (Fillit et al., 2002 ; Williams & Kemper, 2010).

Ainsi, les personnes avec un haut niveau culturel présentent de meilleures performances mnésiques et une meilleure mise en œuvre de leurs connaissances. Ce niveau culturel a toutefois un impact limité sur la vitesse de traitement. Le manque de stimulation cognitive est associé à une réduction des performances, tout comme un faible statut socio-économique – mais cette dimension peut constituer un facteur confondu avec le niveau culturel – et les expériences négatives, sources d'un stress important, vécues tout au long d'une vie. Ainsi, les personnes ayant exercé des professions induisant une importante et régulière stimulation cognitive comme professeurs d'université, pilotes d'avion, médecins, musiciens, architectes etc. semblent mieux préservées du déclin cognitif, au moins dans un premier temps (Salthouse, 2006).

L'activité physique régulière a également un impact bénéfique sur le fonctionnement cérébral et cognitif (Audiffren et al., 2011). Outre la préservation de l'autonomie des personnes âgées, elle semble permettre – ou à tout le moins accompagner – un ralentissement du vieillissement cérébral, y compris pathologique. Ainsi, Colcombe et al. (2003) ont observé que chez les personnes âgées pratiquant une activité physique régulière, la densité de la substance grise des régions frontales est moins réduite que chez les personnes sédentaires. Ces différents effets positifs sont liés à divers mécanismes : l'augmentation du débit sanguin dans le cerveau, une augmentation de la plasticité synaptique, de la neurogénèse, de la concentration en catécholamines cérébrales et de l'effort investi dans les tâches cognitives (Audiffren et al., 2011).

L'entraînement à la réalisation d'une tâche cognitive spécifique (par exemple en situation de double tâche) entraîne une amélioration des performances des personnes âgées sur cette tâche, ainsi qu'un changement des activations cérébrales qui y sont associées (Erickson et

al., 2007). Ces changements d'activation surviennent au sein du CPF dorsal et ventral. Ainsi, le déclin associé au vieillissement de ces régions n'est pas un processus inévitable et immuable. Il peut être réduit, voire inversé, grâce à l'entraînement. Par ailleurs, la passation répétée de tests cognitifs, sans retour de l'examineur, nécessitant ainsi la compréhension et la mise en œuvre de bonnes stratégies de manière autonome, semble également bénéfique pour les personnes âgées et permettre une généralisation sur d'autres tests évaluant la même fonction. L'effet est important et robuste, témoignant ainsi d'une plasticité cognitive (Yang, 2011).

4. VISAGES ET VIEILLESSEMENT

Les changements liés au vieillissement pour le traitement des visages ont été largement étudiés ces dernières années et notamment ceux concernant le traitement de l'identité et de l'expression émotionnelle faciale. Ainsi, les personnes âgées ont plus de difficultés à reconnaître certaines expressions faciales (Calder et al., 2003) et à reconnaître l'identité des individus (Edmonds, Glisky, Bartlett, & Rapcsak, 2012). Toutefois, avant de nous intéresser à ces mécanismes spécifiques, nous aborderons la question de la perception des visages et des changements intervenant au cours du vieillissement.

a) Perception des visages

De par leur rôle central dans les interactions sociales et du fait de l'expertise se développant tout au long de la vie, les visages semblent constituer une classe de stimuli pertinente dans l'évaluation des changements des fonctions visuelles liés à l'avancée en âge (Rousselet et al., 2009). Chez les personnes âgées, la catégorisation de visages et autres objets est toujours efficace (Daniel & Bentin, 2012). Toutefois, des différences sont observées au niveau des activations cérébrales. Ainsi, la N170 qui, rappelons-le, marque l'encodage structural des visages, est toujours présente chez les personnes âgées, mais son apparition semble quelque peu retardée (Daniel & Bentin, 2012 ; Rousselet et al., 2009). En outre, son amplitude augmente chez les personnes âgées, avec cette particularité que cette augmentation est plus prononcée dans l'HG que l'HD, entraînant ainsi une réduction de l'asymétrie observée initialement chez les jeunes adultes, cette onde étant chez eux plus ample à droite qu'à gauche (Daniel & Bentin, 2012). L'effet d'inversion des visages est réduit avec l'âge (Chaby, Narme, & George, 2011) : les personnes âgées paraissent ainsi moins gênées par la manipulation de traits qui ralentissent le traitement des relations de second-ordre entre les traits faciaux. Parallèlement, une sensibilité

plus marquée pour la structure globale du visage est mise en évidence par une réduction d'amplitude de la N170 en réponse à des visages aux traits mélangés, réduction qui n'est pas observée chez les jeunes adultes. De même, alors que chez ces derniers la présentation de traits internes isolés du contour induit l'apparition de la N170, ce n'est pas le cas chez les personnes âgées. Ainsi, la structure globale des visages avec leur contour et les traits internes semble plus importante pour les personnes âgées que pour les jeunes adultes. Daniel & Bentin (2012) ont montré que si, chez les jeunes adultes, les N170 accompagnant la présentation de traits de visages isolés et mélangés étaient plus amples que pour les visages entiers le pattern inverse est observé chez les personnes âgées. Cela pourrait être lié à un défaut des capacités de formation d'une structure faciale globale sur la base d'informations éparses. Mais cela peut également être mis en relation avec les difficultés des personnes âgées à détecter des visages à partir de traits internes dessinés, formant uniquement une configuration primaire rudimentaire (Norton, McBain, & Chen, 2009).

La catégorisation basique, entre visages et autres objets est aussi efficiente chez les personnes âgées que chez les jeunes adultes. Toutefois, les personnes âgées sont moins efficaces pour des catégorisations plus complexes, comme une catégorisation de genre et de familiarité (Daniel & Bentin, 2012 ; Thomas et al., 2008). Cette variation des capacités de catégorisation avec la complexité du stimulus est associée à une réduction de l'intégrité de la substance blanche au sein du fasciculus fronto-occipital inférieur droit (Thomas et al., 2008). Chez les jeunes adultes, l'amplitude des N170 varie en fonction de la complexité de la tâche : elles sont plus amples pour les catégorisations basiques comme différencier un visage d'une voiture et leur amplitude diminue lorsque la tâche de catégorisation devient plus complexe. Chez les personnes âgées, cette amplitude est également plus importante pour la tâche de catégorisation basique, et tout en augmentant avec le niveau de complexité, elle semble identique pour une tâche de catégorisation de genre ou pour une tâche de jugement de familiarité. Il faut noter que, dans ces expériences, les visages présentés sont généralement détournés et ne présentent donc pas d'indices autres que les traits internes du visage. Ces conditions – peu écologiques – semblent pénaliser les personnes âgées qui éprouvent des difficultés à extraire les informations pertinentes des traits internes pour élaborer une représentation globale (Chaby et al., 2011 ; Daniel & Bentin, 2012). Chaby et al. (2011) ont observé que l'encodage des relations verticales entre les différents traits faciaux est préservé chez les personnes âgées et similaire à celui des jeunes adultes, ce qui n'est pas le cas du traitement des relations horizontales. Ces difficultés peuvent expliquer les moins bonnes performances des personnes âgées lors d'une tâche de jugement de genre. En effet, le meilleur critère de discrimination homme / femme est l'évaluation de la distance entre les traits internes

des visages, ainsi qu'entre les traits internes et le contour du visage (Bruce et al., 1993 ; Burton, Bruce, & Dench, 1993).

Les yeux se différencient des autres traits faciaux par la multitude d'informations qu'ils peuvent véhiculer, et notamment par l'orientation du regard. La détection de la position à laquelle le regard de notre interlocuteur est fixé nous permet de nous orienter nous-mêmes vers ce point de l'environnement et d'instaurer une attention conjointe avec ce dernier (Slessor, Laird, Phillips, Bull, & Filippou, 2010). Dans une étude précédente, Slessor, Phillips, & Bull (2008) ont mis en évidence un déclin des capacités à s'adapter aux changements d'orientation du regard, entraînant ainsi une réduction des capacités d'engagement de l'attention conjointe avec autrui. Dans leur étude de 2010, Slessor et al. ont proposé d'explorer l'hypothèse d'une modulation de cette capacité d'orientation du regard en fonction de l'âge des visages observés. Ils ont observé un effet particulier de l'âge chez les participants jeunes, à savoir une plus grande conformité entre orientation du regard du participant et du visage cible lorsque ce dernier appartenait à une personne jeune. Ainsi, les jeunes adultes présentent une « préférence » pour les visages des personnes de leur âge, ce qui n'est pas le cas des adultes âgés. Ces différences peuvent s'expliquer, notamment, par le fait que les jeunes adultes interagissent préférentiellement avec des personnes de leur âge, ce qui n'est pas le cas des personnes âgées (Ebner & Johnson, 2009 ; Wiese, Schweinberger, & Hansen, 2008).

Notons que ces résultats montrent l'importance, lors d'expériences sur la reconnaissance des visages, de présenter des visages-stimuli d'âges différents lorsqu'on fait appel à des groupes d'âge différents.

b) Identité & Emotions

La reconnaissance des visages est marquée par une diminution des performances avec l'avancée en âge (Bartlett, Leslie, Tubbs, & Fulton, 1989 ; Boutet & Faubert, 2006). Plus précisément, leur taux de bonnes reconnaissances est généralement similaire à celui des jeunes adultes, mais leur taux de fausses alertes – ou fausses reconnaissances – est nettement plus important (Bartlett, Strater, & Fulton, 1991 ; Edmonds et al., 2012 ; Searcy, Bartlett, & Memon, 1999). Étant donné la relative homogénéité des visages, un visage peut partager certaines spécificités avec un autre déjà vu, et de ce fait induire un sentiment de familiarité (Searcy et al., 1999). L'identification d'un visage et des informations qui y sont liées dépend du rappel du contexte dans lequel il a été rencontré pour la première fois, nécessitant une bonne interaction entre les informations liées au stimulus et au contexte (Searcy et al., 1999). Les personnes âgées

présentent des difficultés de récupération d'informations contextuelles, avec une relative préservation des processus perceptifs sous-tendant la détection de la familiarité d'un visage vu précédemment. Le décalage entre ces processus, conduit les personnes âgées à se fier davantage au sentiment de familiarité qu'aux informations contextuelles pouvant y être associées, ce qui expliquerait cette augmentation des fausses reconnaissances observable y compris dans la vie courante. Ce phénomène peut également être lié au fait qu'un adulte âgé a rencontré plus de visages au cours de sa vie qu'un adulte jeune, entraînant alors plus d'interférences lors de la reconnaissance faciale. Enfin, tout comme Slessor et al. (2010), Wiese et al. (2008) ont montré une interaction entre l'âge des visages à mémoriser et l'âge des observateurs. En effet, les participants jeunes présentent de meilleures performances lorsqu'ils sont confrontés à des visages jeunes, ce qui n'est pas le cas des personnes âgées.

L'enregistrement des mouvements oculaires lors d'une tâche de mémorisation permet de mettre en évidence les interactions entre la mémoire et les processus visuels (Heisz & Ryan, 2011). La répétition des stimuli réduit progressivement le nombre de nouvelles informations à traiter, et réduit ainsi l'étendue et la quantité de traitements visuels à mettre en œuvre pour évaluer un visage. Chez les personnes jeunes, l'influence de la répétition sur les mouvements oculaires se manifeste par une réduction des fixations sur le visage et une distribution différente de ces fixations : les fixations sur la région des yeux augmentent en même temps que diminuent les fixations sur la région de la bouche (voir B.4). Bien que manifestant un subtil changement dans la répartition des fixations, les personnes âgées ne présentent pas de réduction du nombre total de fixations et ne fixent pas davantage les yeux au fil des essais. Ainsi, le bénéfice tiré des multiples présentations n'est pas équivalent chez eux, à celui qu'on observe chez les participants jeunes. L'effet de nouveauté du visage (Heisz & Shore, 2008) serait plus lent à décliner chez les personnes âgées, cela pouvant être lié à des difficultés à former de nouvelles représentations faciales en mémoire. Néanmoins, il se peut qu'en situation écologique, plus riche en informations, la mémorisation des visages soit plus efficace pour les personnes âgées, celles-ci bénéficiant de l'aide du contexte de présentation du visage, ainsi que d'informations qui y sont associées (nom, profession...). Cette hypothèse est confortée par les données d'exploration visuelle de visages connus. Dans ce cas, les personnes jeunes et âgées présentent des patterns d'exploration similaires (Heisz & Ryan, 2011).

La reconnaissance des expressions faciales est également importante dans les interactions sociales et semble évoluer de manière quelque peu hétérogène (ne touchant pas de manière égale toutes les expressions faciales) au cours du vieillissement (Ruffman, Henry, Livingstone, & Phillips, 2008). En effet, des difficultés à identifier les expressions à valence

émotionnelle négative, comme la colère, la tristesse et la peur, sont observées chez les personnes âgées par comparaison à ce qu'on observe chez les jeunes adultes, avec toutefois une relative préservation, voire dans certains cas une amélioration, de la reconnaissance de l'expression de dégoût (Calder et al., 2003 ; Circelli, Clark, & Cronin-Golomb, 2012 ; Ebner & Johnson, 2009 ; Ruffman et al., 2008). Cette diminution de la reconnaissance des expressions négatives (mis à part le dégoût) est à mettre en relation avec l'*effet de positivité*. Cet effet, observé chez les personnes âgées, se caractérise par une préférence à porter, automatiquement, leur attention sur les stimuli positifs et à mieux les mémoriser au détriment des stimuli négatifs (Carstensen & Mikels, 2005 ; D'Argembeau & Van der Linden, 2007 ; Ebner & Johnson, 2009). En outre, des changements d'activations cérébrales sont associés au déficit d'identification de l'expression de colère, avec une moindre activation de la région de l'amygdale droite et une activation plus importante de l'*insula* droite (Fischer et al., 2005). Enfin, il est intéressant de noter que, dans l'expérience de Ebner & Johnson (2009), jeunes comme âgés étaient plus performants pour identifier les expressions faciales des visages jeunes que celles des visages âgés. Cela peut être dû aux changements physiques se manifestant au cours du vieillissement (relâchement des tissus, rides...) qui rendent les expressions faciales plus difficiles à dissocier les unes des autres. Ainsi, il se pourrait que le traitement des stimuli émotionnels change au cours du vieillissement, au niveau cérébral, mais également au niveau comportemental. L'enregistrement des mouvements oculaires devrait permettre d'étudier ce phénomène, grâce à la mise en évidence des stratégies d'exploration des visages mises en place par les personnes âgées comme par les jeunes adultes. De fait, il semblerait que, par comparaison avec les jeunes adultes, les personnes âgées explorent moins longtemps les yeux et plus longtemps la bouche (Circelli et al., 2012 ; Sullivan, Ruffman, & Hutton, 2007 ; Wong, Cronin-Golomb, & Neergardner, 2005). Circelli et al. (2012) ont mis en évidence une relation entre les performances des fonctions exécutives, mesurées à l'aide du *Trail Making Test* et du test de *Stroop*, et la reconnaissance de l'expression de tristesse. Plus les performances sur ces deux tests étaient faibles, moindre était la reconnaissance de la tristesse. De même, plus les performances aux tests de fonctions exécutives étaient faibles, plus le temps d'exploration des visages exprimant la peur, la tristesse et la surprise augmentait. Ces changements d'exploration des visages pourraient donc être liés à des changements cérébraux, notamment au niveau des régions préfrontales impliquées dans les fonctions exécutives, en particulier les Champs Oculomoteurs Frontaux (FEF).

5. *SACCADES ET VIEILLESSEMENT*

a) Latences

L'âge influence également les paramètres saccadiques. Les latences saccadiques sont allongées (Abel et al., 1983), que les saccades soient réalisées sur un plan horizontal (Sharpe & Zackon, 1987) ou vertical dans différentes conditions de déclenchement (*Gap* et *Overlap*) (Yang & Kapoula, 2006). Cet allongement varie entre 33 ms (Yang & Kapoula, 2006) et 117 ms (Sharpe & Zackon, 1987). Pour ces auteurs, cette variabilité est liée principalement à deux facteurs : les différences interindividuelles et la méthodologie employée. En effet, bien qu'en moyenne les participants âgés présentent des temps de latence plus importants que les participants jeunes, certains participants âgés présentent des temps de latence plus courts que ceux de personnes jeunes (Yang & Kapoula, 2006). Ces différences jeunes vs. âgés sont accentuées en condition *Overlap* (induisant une saccade volontaire) comparée à la condition *Gap* (induisant une saccade réactive). Ainsi, le vieillissement détériore la capacité à initier des saccades volontaires, comme en témoigne l'allongement des temps de latence de ces saccades. La capacité à mettre en œuvre des saccades réactives (ou « réflexes ») reste quant à elle constante au cours de l'avancée en âge. En effet, les latences de ces saccades réactives sont similaires pour les deux groupes d'âge, se situant entre 80 et 120 ms (Yang & Kapoula, 2006 ; Peltsch et al., 2011). Cette différenciation serait liée à la dégénérescence des aires cérébrales oculomotrices impliquées dans la réalisation de saccades volontaires, l'initiation de ce type de saccade étant liée aux aires frontales, notamment le FEF, et nécessitant donc une bonne efficacité de ce système.

Entre 60 et 85 ans, l'enregistrement de saccades dirigées vers une cible met en évidence d'importantes différences individuelles s'accroissant avec l'avancée en âge (Peltsch et al., 2011). En outre, les latences des saccades chez les personnes âgées dépendent de la distance à laquelle la cible apparaît. Ainsi, les temps de latence s'allongent avec la distance, passant de 269 ms en moyenne lorsque la cible est située à 5° du point de départ à 347 ms lorsqu'elle se situe à 40° sur un plan horizontal (Sharpe & Zackon, 1987). Sur un plan vertical, cette différence est également observée pour des différences de distance plus petites (7.5° et 15°), avec des latences saccadiques de 32 ms plus longues en moyenne pour les cibles situées à 15° (Yang & Kapoula, 2006). Ainsi, un coût d'environ 4 ms par degré d'amplitude est noté pour les âgés. Ceci peut être expliqué essentiellement par deux facteurs. Le premier est lié à l'augmentation des erreurs de localisation spatiale observées au cours du vieillissement. Ces erreurs sont plus nombreuses avec l'excentricité (Owsley, Burton-Danner, & Jackson, 2000), marquant ainsi une faiblesse de la localisation spatiale pouvant induire des difficultés d'orientation et de déploiement de l'attention visuelle en périphérie. Par ailleurs, cet accroissement des latences pourrait être lié à

un facteur de type sensoriel, à savoir une réduction de l'acuité visuelle périphérique chez les personnes âgées (Bell, Everling, & Munoz, 2000). Il est à noter que ces observations ont été réalisées dans le cas de présentation des cibles à une distance non prévisible, et que cet effet d'excentricité n'est pas noté dans le groupe de participants jeunes.

Ce ralentissement peut également être mis en relation avec le ralentissement général observé chez les participants âgés. Il pourrait être lié à un défaut d'orientation de l'attention visuelle, une moindre efficacité de la transformation sensori-motrice, et des mécanismes de prise de décision et d'initiation de la saccade.

b) Amplitudes

La précision saccadique varie également avec l'avancée en âge et est caractérisée notamment par une hypométrie des saccades. Celles-ci sont réduites en amplitude dès 10° d'excentricité de la cible, entraînant un plus grand nombre de saccades, les personnes âgées ayant alors besoin de réaliser plus de saccades pour atteindre et fixer la cible (Sharpe & Zackon, 1987). Ceci est également vrai dans le cas de la poursuite oculaire, les personnes âgées ayant besoin de réaliser plus de saccades de « rattrapage » (Paquette & Fung, 2011). Cela a pour conséquence la réalisation d'un plus grand nombre de saccades par les personnes âgées au quotidien (Ross et al., 1999). Afin d'étudier l'inhibition de saccades réflexes, le paradigme de pro- et anti-saccade a été utilisé. La proportion d'erreur de direction augmente avec l'âge (Peltsch et al., 2011). Entre 60 et 85 ans, ce taux d'erreur augmente de 11% et est associé à une augmentation de la latence de l'anti-saccade correcte de 110 ms en moyenne. Dans une tâche de recherche de cibles parmi des distracteurs, les personnes âgées commettent plus d'erreurs de localisation que les participants jeunes. Ces difficultés sont accentuées avec l'excentricité des cibles. Par ailleurs, les erreurs de localisation de cibles sont nettement plus importantes en amplitude (décalage plus important entre la cible et l'arrivée de la première saccade) que celles des participants jeunes, confirmant un déficit de localisation spatiale à un stade pré-attentionnel, engendrant un défaut de déploiement de l'attention visuelle, pouvant être lié ou associé à une baisse de l'acuité visuelle en dehors de la fovéa (Owsley et al., 2000).

c) Vitesse d'exécution

La vitesse d'exécution des saccades reste stable tout au long de la vie (Abel et al., 1983) et pour certaines personnes âgées, elle peut même être supérieure à celle de jeunes adultes (Pratt, Dodd, & Welsh, 2006). Elle est la plus rapide lorsque l'apparition de la cible n'est pas prévisible (Sharpe & Zackon, 1987). Contrairement au reste du système musculaire squelettique, le système oculomoteur est préservé et présente les mêmes vitesses et force que

celles de participants jeunes (Bonnet et al., 2013 ; Pratt et al., 2006). Ceci peut être expliqué par la constante activité du système oculomoteur tout au long de la vie. En effet, au quotidien, les personnes sédentaires réalisent autant de saccades que les personnes actives. Les saccades étant des mouvements balistiques, elles sont réalisées avec peu d'influence des systèmes de correction.

En conclusion, il convient de noter que ces différentes données relatives aux latences, amplitudes et vitesse d'exécution des saccades ont été collectées auprès de personnes âgées en bonne santé, ayant une bonne qualité de vie incluant une activité physique et intellectuelle régulières. Or, les saccades étant guidées par la perception visuelle, il est nécessaire de garder à l'esprit les troubles affectant celle-ci. Outre de graves difficultés visuelles (glaucome, dégénérescence maculaire progressive, cataracte), les personnes âgées peuvent être sujettes à des dysfonctionnements visuels plus subtils (Faubert, 2002). Il est donc possible que les différences entre personnes jeunes et âgées soient plus marquées au sein de la population générale. Ainsi, les échantillons sélectionnés pour les expériences citées précédemment ne sont pas forcément représentatifs.

INTRODUCTION

PARTIE D – BIAIS PERCEPTIF ET OCULOMOTEUR

“All generalizations are false, including this one.”

Mark Twain

D. BIAIS PERCEPTIF ET OCULOMOTEUR

Avant d'évoquer les différents biais observables lors de la perception des visages – le biais oculomoteur (tendance à explorer en premier et / ou plus souvent la partie gauche des visages) et le biais perceptif (tendance à utiliser principalement les informations issues de la partie gauche des visages pour réaliser, par exemple, un jugement de genre) – il est nécessaire d'évoquer la notion du biais oculomoteur pour la lecture. Ces différents biais partagent en effet certaines caractéristiques, notamment une asymétrie, caractéristiques que je vais développer ci-dessous.

1. LES BIAIS POUR DES STIMULI NON FACIAUX

Dans cette partie seront développés le comportement oculomoteur lors de la lecture, chez des lecteurs jeunes et âgés, l'influence du sens de lecture sur l'exploration visuelle de manière plus globale, mais également les biais perceptifs pour des stimuli non faciaux.

a) Biais oculomoteur lors de la lecture

Lors de la lecture, l'œil a tendance à initialement fixer un endroit spécifique au sein du mot, appelé position d'arrivée préférée ou *Preferred Landing Position (PLP)* (Rayner, 1979). Les lecteurs viseraient le centre du mot, mais arriveraient à gauche de ce centre du fait des propriétés du système oculomoteur. La PLP se situerait entre la troisième et cinquième lettre (pour les mots comprenant entre 5 à 11 lettres) et serait influencée par le traitement lexical des mots, ainsi que par les stratégies d'exploration visuelle notamment le sens de lecture (Ducrot & Pynte, 2002 ; Rayner, 1979). Cet effet est plus marqué dans le cas de la lecture de mots isolés, que dans le cas de la lecture d'un texte (O'Regan, Lévy-Schoen, Pynte, & Brugaillère, 1984). Néanmoins, cette PLP ne signifie pas que la reconnaissance du mot est alors optimale et peut nécessiter des refixations au sein du mot si celui-ci est long. En 1984, O'Regan et al. ont décrit la position la plus « pratique » (*Convenient Fixation Location* en anglais) pour une bonne

reconnaissance qu'ils ont renommée par la suite *Optimal Viewing Position* (OVP) (Clark & O'Regan, 1999), c'est-à-dire position de vision optimale. Ainsi, en langue française et anglaise, les informations permettant la meilleure identification du mot (à savoir une fixation plus courte associée à un meilleur taux de reconnaissance) se situent au début de celui-ci, l'OVP étant dans ce cas située au début du mot, à gauche de son centre. La fixation en un autre point entraîne une perte d'efficacité dans sa reconnaissance. Cette position optimale pour la fixation initiale dans le mot est marquée par une plus faible probabilité de refixation, ainsi qu'un temps de fixation plus bref que pour les autres positions d'arrivée (Clark & O'Regan, 1999). En outre, la probabilité de reconnaître un mot affiché de manière très rapide est plus grande lorsque l'œil est situé sur cette position optimale. Cette probabilité est réduite lorsque la fixation se situe d'un côté ou de l'autre de ce point situé près du centre du mot. Cette position optimale permettrait en effet d'avoir accès aux informations les plus pertinentes pour traiter le mot (la zone d'acuité maximale se situant au point de fixation, avec une baisse de cette acuité vers la périphérie) (Nazir, Heller, & Sussmann, 1992). Les temps de fixation s'allongent de 20 à 30 ms par lettre lorsque l'œil s'éloigne de cette OVP (Clark & O'Regan, 1999). Ces auteurs ayant souhaité préciser les mécanismes pouvant être à la base de cette asymétrie de fixation des mots ont ainsi évoqué l'asymétrie de l'acuité visuelle gauche-droite, les différences hémisphériques, l'apprentissage perceptif ou les contraintes orthographiques. Leur étude s'est centrée sur l'exploration de ce dernier mécanisme, la notion de contrainte orthographique faisant référence aux informations contenues dans les différentes lettres fixées d'un mot, nous permettant de calculer une « mesure de l'ambiguïté ». Cette mesure permet d'estimer combien de mots connus sont compatibles avec les informations issues de ces fixations. Clark & O'Regan (1999) ont conclu à l'influence des contraintes orthographiques sur l'OVP, privilégiant ce facteur aux autres cités ci-dessus. Ces contraintes sont propres à chaque langue.

L'influence du sens de lecture sur l'OVP a été étudiée par Farid & Grainger (1996) en faisant appel à des lecteurs de langue maternelle arabe – pour lesquels la lecture s'opère de droite à gauche – étudiant en France et lisant également le français. Contrairement aux mots français, dans lesquels la répartition des fixations initiales est principalement située du côté gauche du centre du mot, dans les mots arabes les fixations sont réparties de manière quasi symétrique, avec autant de fixations initiales à gauche qu'à droite du centre du mot. La présentation de préfixes et suffixes arabes a mis en évidence des patterns de fixation différents, avec des fixations vers la fin du mot (gauche du centre du mot) dans le cas de préfixes et inversement dans le cas de suffixes. Les auteurs expliquent l'absence de cette particularité en langue française par des différences de structures morphologiques des mots entre les deux langues. La fixation des mots serait ainsi influencée par la contrainte lexicale de la langue lue.

Par ailleurs, la position légèrement décalée à gauche (pour le français) permettrait à un maximum d'informations de se situer dans le champ visuel droit, et donc d'être traité en priorité par l'HG, spécialisé dans le traitement du langage (Brysbaert & Nazir, 2005). L'OVP peut ainsi être également modulée par des différences interindividuelles comme la dominance hémisphérique pour le langage (Hunter, Brysbaert, & Knecht, 2007). En effet, ces auteurs ont montré que les personnes présentant une dominance droite pour le traitement langagier, ont une OVP légèrement décalée vers la droite du centre du mot.

Ainsi, l'exploration oculaire et le comportement oculomoteur lors de la lecture peuvent être influencés par la culture d'appartenance, induisant des sens de lecture différents, mais également par les propriétés lexicales, morphologiques et syntaxiques de la langue lue.

b) La lecture au cours du vieillissement

Lors de la lecture, les adultes âgés ont tendance à réaliser plus de fixations (Kemper & Liu, 2007), présenter des temps de fixation plus importants et omettre plus de mots que les lecteurs jeunes (Rayner, Castelano, & Yang, 2009). Dans une tâche de lecture avec un système de masquage des mots (une « fente » ne laissant apparaître qu'une partie du mot), Kemper & Liu (2007) ont observé que les personnes âgées effectuaient des fixations plus longues, probablement en lien avec un ralentissement du traitement de l'information. En outre, les lecteurs âgés éprouvaient plus de difficultés pour reconnaître les mots et avaient besoin d'effectuer plus de saccades de retour, afin de relire un mot précédemment lu. Selon les auteurs, cela serait lié à la taille du « buffer » épisodique de la mémoire de travail (voir Baddeley, 2012), réduite chez les personnes âgées. En outre, l'empan perceptif, c'est-à-dire la région autour du point de fixation à partir de laquelle les informations peuvent être extraites, tend également à changer au cours du vieillissement, (Rayner et al., 2009).

Chez les jeunes adultes, les meilleures performances de lecture sont obtenues lorsque le lecteur peut visualiser deux mots à droite de son point de fixation, alors que les lecteurs âgés bénéficient plus de l'affichage d'un mot de chaque côté du point de fixation. Ceci peut s'expliquer en termes de stratégie de compensation adoptée par les personnes âgées, stratégie plus « risquée » afin de compenser le ralentissement du traitement des informations, mais également de moindre efficacité dans le traitement des informations fovéales et parafovéales. Les lecteurs âgés essaieraient de deviner les mots suivants, mais suite à leurs erreurs réaliseraient des saccades de retour et effectueraient ainsi plus de mouvements oculaires que les jeunes lecteurs. La réduction d'asymétrie de cet empan peut également être vue comme une expression de la réduction des asymétries hémisphériques. L'empan perceptif vers la droite des

jeunes adultes pourrait être lié à la dominance de l'HG dans le traitement langagier, dominance qui pourrait être réduite au cours du vieillissement. Enfin, Rayner, Yang, Castelhana, & Liversedge (2011) ont observé que les durées de fixation initiale et totale d'un mot, étaient influencées par la fréquence de ce mot dans la langue. L'effet pour les lecteurs jeunes et âgés est similaire, à savoir une durée de fixation plus importante pour des mots peu fréquents. Cela indique que les déplacements des yeux sont influencés par des processus cognitifs / linguistiques aussi bien pour les jeunes adultes que pour les lecteurs âgés.

c) L'impact de la lecture sur l'exploration visuelle

L'influence de la culture d'appartenance sur l'exploration de notre environnement, a été étudié par Abed (1991). Cet auteur s'est intéressé plus particulièrement à l'impact du sens de lecture. Dans ce but, il a présenté une planche constituée de 121 points noirs répartis de manière symétrique à trois groupes différents, constitués d'Asiatiques (issus du Japon, de Corée et de Chine), d'Orientaux (Iran, Arabie Saoudite et Israël) et d'Occidentaux (Etats-Unis). Le stimulus était présenté durant 12 secondes. Les participants avaient pour instruction de l'explorer. Abed (1991) a par la suite étudié le nombre de fixations par quadrant (haut gauche, haut droite, bas droite et bas gauche), la direction des saccades et le nombre de saccades orientées de gauche à droite et de droite à gauche. Tous les participants effectuaient plus de fixations en haut et à gauche du stimulus, quel que soit le groupe dont ils étaient issus. Ainsi, la prévalence de fixations dans l'hémi-champ visuel gauche ne serait pas liée aux habitudes d'exploration visuelles culturelles. Toutefois, le pattern d'exploration observé différait quelque peu, avec une influence de la culture d'appartenance plus marquée. Outre un nombre plus élevé d'exploration de gauche à droite pour les Occidentaux et de droite à gauche pour les Orientaux, plus de saccades verticales étaient observées pour les participants Asiatiques que pour les deux autres groupes. Abed (1991) conclue que bien que les positions d'arrivée des fixations ne diffèrent pas en fonction de la culture d'appartenance, les stratégies d'exploration visuelle pour parvenir à cet endroit sont, quant à elles, influencées par ce facteur.

d) Biais perceptif pour des stimuli non faciaux

Face à des stimuli asymétriques, avec un côté gauche différent du côté droit, les informations situées du côté gauche semblent être majoritairement utilisées pour effectuer un traitement. Ainsi, Luh, Rueckert & Levy (1991) ont proposé à des participants jeunes de réaliser

un jugement spatial sur des stimuli non faciaux (points distribués dans l'espace et formes, les participants devant choisir le rectangle contenant le plus grand nombre de points). Pour cette tâche sans limitation du temps de présentation, les participants ont présenté un avantage de l'hémi-champ visuel gauche, choisissant le rectangle situé dans cet hémi-champ comme contenant le plus grand nombre de points. Ils expliquent ceci par la dominance de l'HD pour le traitement des informations visuo-spatiales. Mattingley, Bradshaw, Nettleton, & Bradshaw (1994) et Mattingley et al. (2004) ont réalisé une tâche perceptive de jugement de luminosité de deux stimuli présentant un dégradé allant du blanc au noir. Ils ont fait appel à des personnes victimes de lésion cérébrale unilatérale consécutives à un AVC droit ou gauche, ainsi qu'à des participants contrôles appariés en âge. Face à un rectangle dégradé et son image en miroir situé en dessous, les participants contrôles ont tendance à juger le rectangle possédant le côté foncé à gauche comme étant le plus sombre, quel que soit leur âge (gamme d'âge pour les deux études allant de 34 ans à 86 ans).

2. BIAIS PERCEPTIF POUR LES VISAGES

De nombreuses études ont montré la prédominance de la partie gauche des visages perçus (ici, seul le point de vue de l'observateur sera considéré) pour réaliser un jugement de genre (Butler & Harvey, 2005 & 2006), d'âge, de beauté ou d'identité (Burt & Perrett, 1997). Ces différentes études ont été menées à l'aide de visages chimériques : visages composés de deux hémi-visages différant selon une caractéristique – l'âge, l'émotion, le genre, la beauté, l'identité... Comme vu précédemment, la prédominance de l'HD pour le traitement des visages a initialement été argumentée par les cas de patients prosopagnosiques, ainsi que par les données issues des méthodes d'imagerie cérébrale (IRMf, DTI et EEG principalement :Bentin, Allison, Puce, Perez, & McCarthy, 1996 ; George, Evans, Fiori, Davidoff, & Renault, 1996 ; Haxby, Hoffman, & Gobbini, 2000 & 2002). Selon certains auteurs (Sergent & Bindra, 1981 ; Yovel et al., 2008), la présence d'un biais perceptif (BP) gauche serait un argument de plus en faveur de cette dominance, les informations de l'hémi-champ visuel gauche étant projetées vers l'hémisphère droit.

a) Etudes comportementales

Dès 1933, Wolff (*in* Rhodes, 1985) observe que la partie gauche du visage ressemble plus au visage entier que la partie droite. En 1985, Rhodes propose quatre expériences afin de répliquer et étendre ces résultats. Il présente des visages chimériques à l'endroit et en miroir. Il note alors que la partie gauche du visage est le plus souvent jugée comme étant la plus

ressemblante au visage entier, et ce pour les 2 types de stimuli. Il en déduit que le biais perceptif vers la gauche ne serait pas lié aux stimuli, mais propre (interne) à l'observateur. Dans la seconde expérience, Rhodes s'est interrogé sur l'origine du biais, à savoir s'il était lié aux coordonnées centrées sur l'objet ou aux coordonnées rétinienne. Dans ce but, des visages chimériques ont été présentés très rapidement (70 ms) en faisant varier leur position dans l'hémi-champ visuel (gauche, central et droit). Il n'observa pas de BP gauche dans aucune des conditions de présentation, ce qui pourrait impliquer que le BP ne pourrait pas émerger dans des conditions de présentation trop brèves et serait accentué par l'exploration visuelle. Dans la troisième tâche, des photographies de personnes célèbres étaient présentées à l'endroit, ainsi que leur image en miroir, masquées et découvertes progressivement, soit de la gauche vers la droite, soit inversement. Les participants devaient identifier chaque visage en les découvrant le moins possible. La reconnaissance était plus rapide lorsque la partie gauche du visage était exposée en premier, que ce soit l'hémi-visage gauche original ou l'hémi-visage en miroir. Ces résultats sont en faveur d'un BP gauche non lié à une asymétrie de la représentation en mémoire du visage de la personne. La reconnaissance avait lieu dans la majorité des cas sans que les traits centraux (nez et bouche) soient découverts et sans qu'une moitié complète du visage n'apparaisse. Il se peut toutefois que cette facilité de reconnaissance de gauche à droite soit liée aux apprentissages se réalisant habituellement de gauche à droite et donc en lien avec le sens de lecture. La dernière expérience de Rhodes (1985) avait pour but de vérifier ces résultats en utilisant une autre méthodologie. Ainsi, des demi-visages gauches et droits (à l'endroit et leur image en miroir) ont été présentés dans l'hémi-champ visuel gauche et droit. Les résultats sont cohérents avec ceux de l'expérience précédente : l'hémi-visage gauche original ne bénéficiait pas d'une meilleure reconnaissance ou d'une identification plus rapide que les autres hémi-visages (hémi-visage droit original et son image en miroir et l'hémi-visage gauche en miroir).

b) Etudes auprès de personnes cérébro-lésées

Outre les données comportementales rapportées précédemment, des données issues d'études menées auprès de personnes cérébro-lésées ont permis d'apporter des informations complémentaires sur le biais perceptif et de tester notamment l'hypothèse de l'implication de l'HD dans l'émergence de ce biais.

Levy, Trevarthen, & Sperry (1972) ont présenté des visages chimériques (identités différentes) à quatre patients ayant subi une section du corps calleux. Dans un premier temps,

les participants devaient apparier un des visages originaux (utilisés pour construire les visages chimériques et tous labellisés avec des prénoms différents) à un visage chimérique présenté brièvement. Dans un second temps, face à un visage chimérique, il leur était demandé de nommer la personne représentée par ce visage. Levy et al. (1972) observent que lorsque le traitement est visuel (appariement simple), les participants ont tendance à se baser sur la partie gauche du visage observé, concluant ainsi à une supériorité de l'HD. Lorsqu'une composante verbale est incluse (prénom du visage), une prévalence de l'utilisation de la partie droite du visage est notée, en lien avec une dominance de l'HG. Mattingley et al. (1994), ont présenté des visages chimériques à des participants contrôles et cérébro-lésés droit et gauche. Ils observent que les patients lésés à droite présentent un BP droit important et constant pour les 2 tâches, en opposition avec le BP gauche dont témoignent les participants contrôles.

Bien plus tard, Coolican, Eskes, McMullen, & Lecky, (2008) ont proposé une tâche de jugement émotionnel et une tâche de jugement d'identité à des personnes présentant une lésion de l'hémisphère droit et à des participants contrôles jeunes et âgés. Le BP gauche était retrouvé chez les participants contrôles jeunes et âgés dans la tâche émotionnelle, l'importance de ce biais ne variant pas ici en fonction de l'âge des participants. Les participants cérébro-lésés (CL) droits ne présentaient pas de BP gauche, mais un BP droit. Ainsi, ces résultats sont en faveur d'un BP gauche (sous-tendu par l'HD) pour le traitement des émotions faciales, mais pouvant être « relayé » par l'HG en cas de lésion cérébrale, menant ainsi à un BP droit. Afin de comprendre les mécanismes cognitifs impliqués dans le biais perceptif, Coolican et al. (2008) ont également présenté des visages inversés. Les visages inversés présentent la même complexité que les visages à l'endroit, mais sont traités de manière différente, comme nous l'avons vu précédemment. Les visages à l'endroit sont traités de manière configurale, tandis que les visages inversés sont traités de manière analytique (traits par traits). De même, ces différents types de traitement seraient sous-tendus de manière préférentielle par un hémisphère particulier : l'HD dans le cas du traitement configural et l'HG dans le cas du traitement analytique. Ainsi, le BP gauche pourrait être lié au traitement configural et de ce fait, ne devrait pas être observé dans le cas d'inversion des visages. Chez des personnes cérébro-lésées à droite présentant un BP droit, l'inversion du visage n'éliminerait pas le BP, puisque celui-ci serait lié à l'HG, donc en lien avec un traitement essentiellement de type analytique. Coolican et al. (2008) ont observé une réduction importante (voire une élimination totale dans certains cas) du BP pour tous les groupes – jeunes, âgés et cérébro-lésés (CL) – en réponse à la tâche émotionnelle. La présence du BP chez les participants jeunes lors de l'inversion des visages peut être liée à une dominance plus marquée de l'HD dans le traitement des visages chez les jeunes, et ainsi ne pas être complètement annulée par l'inversion. La présence du biais chez

les personnes CL après inversion peut être liée selon les auteurs à la capacité de l'HG de réaliser un traitement configural des visages à l'endroit, cet effet étant réduit par l'inversion. Bien que selon le modèle de dominance de l'HD, l'HD joue un rôle prédominant dans le traitement des émotions faciales et dans le BP qui en résulte, l'HG en est également capable. En ce qui concerne la tâche d'appariement d'identité, un faible BP gauche était noté chez les participants jeunes, mais non dans le groupe des âgés. Les auteurs expliquent la différence d'importance du BP par les mécanismes sous-tendant le traitement de l'identité de la personne, qui pourraient être plus bilatéraux que ceux mis en œuvre pour un jugement émotionnel. Les personnes CL ont également présenté un BP droit pour cette tâche, ce qui implique que l'HG peut prendre en charge le traitement des visages lorsque l'HD est endommagé.

Bava, Ballantyne, May, & Trauner (2005) ont mené une étude visant à évaluer l'ampleur du BP chez des enfants présentant une lésion cérébrale de l'HD (23 enfants) ou de l'HG (23 enfants). Seuls ont été inclus des enfants ayant été victimes de lésion cérébrale avant ou pendant l'accouchement. L'expérience était constituée de diverses tâches : jugement de genre, émotion, quantité et forme. Les groupes contrôles présentaient un BP gauche pour l'ensemble des stimuli (visages et non visages). Les enfants CL droit ne présentaient pas de BP aux différentes tâches, alors que c'était le cas pour les enfants CL gauches qui présentaient un BP gauche. Par ailleurs, les enfants CL droits différaient significativement de leur groupe contrôle (apparié en âge) dans le nombre de réponses perceptives gauches. Cette différence n'était pas observée pour les enfants CL gauches. L'étendue de la lésion cérébrale influençait l'importance et la direction du biais pour les enfants CL droits. Lorsque la sévérité lésionnelle était moindre, les enfants CL droits présentaient un BP gauche, alors que les enfants présentant une lésion sévère de l'HD, présentaient un BP droit. En outre, les enfants avec des lésions peu ou modérément sévères donnaient autant de réponses perceptives gauches que leur groupe contrôle. Cette importance de la sévérité de la lésion n'était pas observée pour les enfants CL gauche.

c) Facteurs modulant le biais perceptif

(1) Importance de la tâche

Le biais perceptif ne semble pas constant selon la tâche à réaliser, il peut être plus ou moins modulé en fonction des traitements mis en place. Ainsi, dans une tâche de jugement de genre et d'émotion, Luh, Rueckert & Levy (1991) ont observé que le BP était plus important dans le cas de tâches émotionnelles que dans le cas de tâches de jugement de genre, ces

différentes tâches pouvant impliquer des traitements différents. L'utilisation de tâches différentes (jugement de beauté, d'âge, de genre, d'émotions et de parole ; Burt & Perrett, 1997) a permis de mettre en évidence l'influence de la tâche sur l'apparition d'un BP. Pour de nombreux aspects du traitement des visages, les observateurs utilisaient principalement la partie gauche des visages. Cela était vrai dans le cas d'un jugement d'expression faciale, de genre et de beauté, mais également d'âge des visages observés. Toutefois, dans le cas de lecture sur les lèvres, les participants présentaient un biais en faveur de la partie droite du visage, ce qui est cohérent avec une dominance de l'HG pour les aspects langagiers.

(2) *Importance du sens de lecture*

En 2006, Megreya & Burton, ont proposé une tâche de reconnaissance d'identité, en présentant deux visages cibles, l'un à gauche et l'autre à droite, situés au-dessus de 10 visages. Dans certaines conditions, l'un des deux visages cibles était présent parmi les 10 visages, dans d'autres conditions aucun des deux ne l'était. Les auteurs ont observé un avantage pour la reconnaissance des visages présentés à gauche pour des lecteurs de gauche à droite : les participants étaient plus performants pour associer la cible présentée à gauche que lorsque celle-ci se trouvait à droite. Selon les auteurs, ce résultat serait à mettre en lien avec les habitudes d'exploration visuelle de la gauche vers la droite. Toutefois, ce biais vers la gauche pourrait être lié à la dominance de l'HD pour le traitement des visages, à moins qu'une interaction entre ces deux facteurs – sens de lecture et dominance de l'HD – ne soit responsable de la prévalence du biais perceptif gauche pour les visages. Afin d'éclaircir ce dernier point, Megreya & Havard (2011) ont fait appel à des lecteurs orientaux (sens de lecture de droite à gauche). Les résultats observés sont similaires à ceux de leur expérience de 2006, à savoir une meilleure identification des visages présentés à gauche qu'à droite, alors même que le sens de lecture est de droite à gauche. Toutefois, l'importance de ce biais vers la gauche était réduite comparée au biais observé chez des lecteurs Occidentaux (Megreya & Burton, 2006), ceci s'accompagnant d'un meilleur taux de reconnaissance des visages présentés sur la droite pour les lecteurs de droite à gauche. Ainsi, comparés aux lecteurs de gauche à droite, les lecteurs de droite à gauche seraient plus performants pour réaliser un appariement de visages lorsque la cible est présentée dans l'hémisphère non dominant pour le traitement des visages. Megreya & Havard (2011) ont proposé une autre expérience à des participants des deux groupes de lecteurs. Les lecteurs britanniques devaient associer des visages de type caucasien et les lecteurs égyptiens des visages de type oriental. Lorsque le visage cible était présenté à gauche, le taux de bonne réponse des deux groupes était similaire. Toutefois, lorsque les visages étaient

présentés à droite, les participants égyptiens avaient de meilleures performances que les participants britanniques, ce qui pourrait être lié aux habitudes de lecture de droite à gauche. Ainsi, le biais vers la gauche serait en lien avec la dominance de l'HD pour le traitement des visages, mais les habitudes d'exploration visuelle de droite à gauche faciliteraient grandement l'identification de visages situés sur la droite. Havard (2008, *in* Megreya & Havard, 2011) a associé l'enregistrement de mouvements oculaires à cette tâche d'association de visages avec des lecteurs de gauche à droite. Les premières fixations étaient orientées vers le visage de gauche dans 80% des cas. Megreya & Havard (2011) ont donc postulé qu'avec la lecture, nous développons un important biais vers la gauche en lien avec les habitudes d'exploration. Le biais perceptif vers la gauche serait donc une résultante de l'interaction entre la dominance de l'HD pour le traitement des visages et les habitudes de lecture, celles-ci pouvant réduire ou accroître le biais perceptif lors d'une tâche de reconnaissance de visages.

(3) Variabilité interindividuelle

Afin d'étudier l'influence du sens de lecture sur le BP lors de la perception des visages, Heath, Rouhana, & Ghanem (2005) ont fait appel à des personnes lisant de gauche à droite (GD), ou de droite à gauche (DG), maîtrisant les deux sens de lecture, ainsi qu'à des personnes illettrées. Plus de la moitié des participants droitiers GD manifestait un BP gauche, tandis que plus de 60% des participants droitiers illettrés et DG ne manifestaient pas de biais perceptif. Néanmoins, en prenant en compte les participants ayant un moindre degré de latéralisation à droite et les gauchers, ils ont observé que les participants GD se répartissaient en deux groupes : ceux ayant un BP gauche et ceux ne manifestant ni BP droit ni BP gauche. Les illettrés ne présentaient toujours pas de BP, tandis que les DG présentaient un BP droit pour plus de la moitié du groupe. Ainsi, l'apprentissage de la lecture et la culture d'appartenance modulent l'apparition d'un BP, comme en témoigne l'absence de BP des participants illettrés. Par ailleurs, la latéralité influence également la manière dont ce biais perceptif se manifeste.

Dans leur étude de 2008, Yovel et al. ont présenté des visages et d'autres objets tout en enregistrant les activations cérébrales correspondantes. Entre deux séries d'enregistrements en IRMf, ils ont réalisé une seconde expérience fondée sur une tâche de reconnaissance de visages avec présentation d'un visage chimérique (composé de deux moitiés verticales de visages différents, disposées côte à côte) et de 6 visages originaux placés sous le visage chimérique, les participants devant apparier le visage chimérique à l'un des visages originaux. Les auteurs ont ainsi observé une préférence pour la partie gauche du visage chimérique. Dans cette même

étude, une corrélation positive importante a été observée entre l'asymétrie de l'activation des régions FFA et l'importance du biais perceptif gauche. Ainsi, les personnes présentant une asymétrie hémisphérique plus marquée étaient également celles qui témoignaient d'un BP gauche plus prononcé. Toutefois, il est important de noter dans leur échantillon de participants une certaine proportion de personnes ne présentant pas de BP gauche. Ainsi, seuls 9 de leurs 17 participants, présentaient ce BP gauche accompagné d'une activation plus marquée de la FFA droite. Parmi les 8 participants restants, 6 présentaient un BP droit (pour 2 d'entre eux, l'activation de la FFA était plus importante à gauche qu'à droite). Enfin, un participant ne présentait pas de BP : ses activations cérébrales n'étaient alors pas marquées par une asymétrie.

D'autres études ont également rapporté une proportion non négligeable de participants présentant un BP droit. Dans l'étude de Phillips & David (1997) pour laquelle des visages chimériques émotionnels ont été utilisés, 40% des participants présentaient un BP gauche. Les 60% restant présentaient soit un BP droit soit aucun BP (les auteurs ne détaillent pas la répartition des participants dans ces différents groupes). De même, chez Butler & Harvey (2006) 23% des participants présentaient un BP droit ou une absence de BP. L'étude de Moreno, Borod, Welkowitz, & Alpert (1990), dans laquelle les auteurs ont présenté des visages chimériques émotionnels à des groupes de participants jeunes (30 ans), d'âge moyen (50 ans) et d'âge plus avancé (70 ans), a montré une variabilité des réponses. Bien que la majorité des participants présentait un BP gauche (83%), quelques personnes jeunes présentaient un BP droit (7%) ou aucun BP (10%). Chez les personnes d'âge moyen, 40% des participants présentaient un BP droit et 60% un BP gauche. Enfin, dans le groupe des personnes âgées, 27% des participants présentaient un BP droit contre 73% présentant un BP gauche.

Finalement, bien que dans la majorité des études une dominance du BP gauche soit notée, il est important de noter que ce n'est pas toujours le cas et qu'il convient de considérer les différences individuelles, ainsi que l'importance de la culture et des apprentissages (sens de lecture) sur l'occurrence d'un biais perceptif.

d) Le biais perceptif au cours du vieillissement

(1) Stimuli non faciaux

Peu d'études se sont penchées sur l'évolution des biais perceptifs (BP) au cours du vieillissement. Ce BP a notamment été étudié à l'aide de rectangles composés d'un dégradé de gris (Mattingley et al., 2004), les participants devant juger de la luminosité des rectangles. Ces

stimuli, présentés à des personnes âgées victimes d'AVC latéralisés à gauche ou à droite et à un groupe contrôle apparié en âge ($m = 75,4$ ans), mettent en évidence des patterns de réponses différents selon ces groupes. Ainsi, les participants contrôles présentaient un léger BP vers la gauche. Bien que la valeur moyenne de l'indice perceptif indiquait un BP gauche, sur l'ensemble de ce groupe ($n = 20$) les participants étaient répartis de manière similaire entre les deux extrêmes du biais, avec autant de personnes âgées ayant un BP gauche que droit, la différence résidant dans la valeur de ce biais. En outre, les personnes victimes d'un AVC droit présentaient majoritairement un BP vers la droite, l'inverse étant observé pour les personnes ayant été victimes d'un AVC gauche.

Afin d'étudier les changements survenant au cours du vieillissement pour l'attention visuo-spatiale, Failla, Sheppard, & Bradshaw (2003) ont proposé à des participants droitiers une tâche de bissection de lignes en leur milieu. La passation de la tâche de bissection de lignes met en évidence une influence de la main de réponse, différente selon les groupes d'âge. Ainsi, les personnes âgées présentaient une déviation vers la gauche lorsqu'ils répondaient de la main gauche, alors que les réponses faites de la main droite induisaient un biais vers la droite. Cela n'était pas observé pour les participants jeunes (entre 10 et 30 ans), qui présentaient une asymétrie de la bissection vers la gauche pour les deux mains. Ainsi, les personnes jeunes présenteraient un BP vers la gauche, ce qui n'est pas le cas des personnes âgées.

(2) *Stimuli faciaux*

Les premières études (Levine & Levy, 1986 ; Moreno et al., 1990) portant sur le BP ont été réalisées en présentant des visages chimériques émotionnels sur des feuilles de papier, un visage au-dessus de l'autre, sans contrainte de temps. Les stimuli chimériques utilisés pour ces deux études étaient issus de Levy, Heller, Banich, & Burton (1983). Bien que dans ces deux études une prédominance des réponses basées sur la partie gauche des visages ait été observée, une certaine variabilité des réponses a également été rapportée, certains participants présentant un BP droit, d'autres ne présentant pas de BP. Ces deux études ont conclu à une préservation des asymétries visuelles perceptives au cours du vieillissement. Dans une étude proposée sur internet utilisant les visages chimériques émotionnels de Levy et al. (1983), Rueckert (2005) a également observé une préservation du BP gauche au cours du vieillissement, sans différence entre les groupes d'âge. Toutefois, bien que faisant appel à un large échantillon de participants ($n = 161$), l'âge maximal n'était que de 62 ans, avec un âge moyen de 26,6 ans, impliquant donc une faible proportion de participants âgés.

Lors d'une tâche de jugement émotionnel (Failla et al., 2003) (des visages chimériques neutres / joyeux étaient présentés l'un au-dessus de l'autre sur un carton), les personnes âgées ne présentaient pas de BP global vers la gauche, contrairement aux autres groupes d'âge. Les auteurs ont conclu que ce biais perceptif pouvait être moins prononcé au cours du vieillissement et/ou plus fortement sujet à la variabilité interindividuelle. Ces différences entre jeunes et âgés pourraient être liées à des variations d'orientation de l'attention et / ou résulter de changements cérébraux (i.e. la réduction des asymétries hémisphériques au cours du vieillissement).

Utilisant une méthode similaire à celle des études de Levy et al. (1983) et de Levine & Levy (1986), Coolican, Eskes, McMullen, & Lecky (2008) ont présenté des visages chimériques à l'endroit et à l'envers sur un classeur, sans limitation de temps, à deux groupes d'âge différents – jeunes ($m = 21$ ans ; $n = 56$) et âgés ($m = 76$ ans ; $n = 27$) – ainsi qu'à des personnes cérébro-lésées à droite ($m = 58$ ans). Ces différents groupes réalisaient une tâche émotionnelle et une tâche de reconnaissance. Pour le groupe de jeunes, l'effet d'inversion est apparent pour les deux tâches : le BP gauche (bien que toujours significatif pour les deux conditions « endroit » et « envers ») était réduit lorsque les visages étaient présentés à l'envers. Pour la tâche émotionnelle, les personnes âgées présentaient un BP gauche de valeur similaire à celui observé chez les jeunes lorsque le visage était à l'endroit. Toutefois, ils ne présentaient plus de BP lorsque le visage était inversé. Cela peut s'expliquer de différentes manières parmi lesquelles une dominance de l'HD dans le traitement configural des visages plus marquée chez les personnes jeunes que chez les personnes âgées. Il se peut également que chez ces derniers, des mécanismes impliqués dans le traitement des visages inversés, comme le traitement analytique, jouent un rôle lors du traitement des visages à l'endroit. L'observation d'un BP droit pour la tâche de jugement émotionnel chez les personnes cérébro-lésées à droite laisse supposer que l'HG est également capable de mettre en œuvre un traitement configural. Chaque hémisphère serait donc à même de mettre en place les deux types de traitement dans certaines circonstances – comme au cours du vieillissement ou suite à une lésion cérébrale. Enfin, il est intéressant de noter que les personnes âgées ne présentent pas de BP lors la tâche de reconnaissance. Les deux tâches semblent donc induire des processus différents, variant avec l'avancée en âge. Ainsi, bien que le traitement configural semble jouer un rôle majeur pour l'émergence d'un BP, il semble que le traitement analytique joue également un rôle.

Lors de leur étude de 2008, portant sur une tâche de jugement de genre, Butler & Harvey ont restreint les temps de présentation des visages chimériques présentés en position centrale. Faisant appel à deux groupes de participants « sains » – jeunes ($m = 22$ ans ; $n = 22$) et âgés ($m = 72$ ans ; $n = 14$) – ils ont présenté des visages sur un écran d'ordinateur dans trois conditions

différentes : 100 ms, 300 ms et présentation libre, sans contrainte de temps. Pour les deux groupes d'âge, le BP gauche était plus prononcé lorsque le temps de présentation augmentait. Les participants jeunes présentaient un BP gauche dès 100 ms de présentation, durée de présentation trop courte pour permettre une exploration oculomotrice du stimulus. Ce BP gauche était cependant significativement plus faible que lors de la présentation libre. Les auteurs ont suggéré que l'exploration oculomotrice d'un visage n'est pas nécessaire pour l'émergence d'un BP, mais l'accroît. Il faut cependant noter que les mouvements oculaires des participants n'ont pas été enregistrés dans cette étude. Pour le groupe des participants âgés, le BP gauche était globalement réduit et n'apparaissait qu'à partir de 300 ms de présentation. Les auteurs relient ce résultat à la diminution des asymétries hémisphériques avec l'âge.

3. LE COMPORTEMENT OCULOMOTEUR POUR LES VISAGES

Lors de l'exploration visuelle d'un visage, les mouvements oculaires semblent dépendre de différents paramètres. Pour certains auteurs, une préférence à fixer la gauche du visage présenté illustre la spécialisation de l'HD pour le traitement des visages, tandis que pour d'autres, la manière d'explorer les visages serait liée aux contraintes visuo-motrices / oculomotrices.

a) Biais oculomoteur pour les visages

Le biais oculomoteur (BO) gauche lors de la perception des visages peut être décrit en terme de supériorité du nombre total de fixations sur la partie gauche d'un visage et/ou en terme de position d'arrivée de la première fixation (Butler & Harvey, 2008 ; Butler et al., 2005 ; Guo et al., 2009, 2011, 2010 ; Phillips & David, 1997). Chez l'être humain, ce BO devient spécifique aux visages au cours du développement. Chez les nourrissons de 6 mois, ce biais vers la gauche est observable pour différents objets visuels – visages de singes, chiens ou canapé – (Guo et al., 2009). A l'âge adulte, seuls les visages humains à l'endroit induisent une plus grande proportion de fixations globales à gauche. La probabilité d'une première fixation à gauche est cependant observée en réponse à des stimuli faciaux d'humains et de singes, à l'endroit et à l'envers. Par ailleurs, le pattern d'exploration des êtres humains pour les « visages » de différentes espèces animales (singes et chiens) est similaire : l'exploration débute majoritairement par la partie gauche du « visage ». Une majorité de fixations est située autour des yeux, du nez et de la bouche (Guo et al., 2009, 2010). Ainsi, il semble que le pattern d'exploration visuelle des visages est contraint par la configuration spatiale des traits au sein du

visage (configuration similaire entre les différentes espèces). Ce BO vers la gauche chez l'humain semble indépendant de la tâche à réaliser (Guo, Smith, Powell, & Nicholls, 2011), puisqu'il est observé lors d'une exploration libre, d'une tâche de jugement de familiarité ou de jugement d'expression faciale. Enfin, cette asymétrie du regard, porté plus sur la partie gauche des visages perçus, n'est pas limitée aux êtres humains. En effet, ce biais est présent en réponse à des visages humains chez les singes et les chiens (Guo et al., 2009). Pour certains auteurs, ce BO gauche serait lié au BP gauche décrit précédemment. Ainsi, Butler et al. (2005) ont observé que pour la plupart des essais, les participants avaient tendance à explorer en premier la partie gauche des visages chimériques. La question du lien entre ces deux biais – oculomoteur et perceptif – sera développée dans la section e).

b) L'Optimal Viewing Position pour les visages

Une alternative à l'hypothèse selon laquelle le BO observé lors de l'exploration des visages serait lié à la spécialisation de l'HD pour le traitement des visages serait de considérer que les contraintes du système oculomoteur, pourrait être, au moins en partie, responsables de ce BO.

En se basant sur les travaux sur l'*Optimal Viewing Position* en lecture (cf. 1.a), Hsiao & Liu (2012) ont recherché son équivalent pour le traitement des visages. Les études précédentes postulant que l'OVP dans la lecture serait située légèrement à gauche du centre du mot, afin de permettre à un maximum d'informations d'être traitées par l'hémisphère spécialisé dans le traitement langagier, Hsiao & Liu (2012) ont avancé l'hypothèse que dans le cas du traitement des visages, cette OVP se situerait légèrement à droite du centre du visage (du point de vue de l'observateur), permettant ainsi à un maximum d'informations de se situer dans l'hémi-champ visuel gauche, traité préférentiellement par l'HD, spécialisé dans le traitement des visages. En faisant varier la position de présentation des visages (gauche, gauche intermédiaire, centre, droite intermédiaire et droite) dans une tâche de reconnaissance d'identité, Hsiao & Liu (2012) ont contrôlé la position de la fixation des participants au sein des visages. Les meilleures performances (% de BR et TR) ont été notées lorsque la fixation était située légèrement à gauche du centre du visage. Dans une seconde expérience, la position centrale a été supprimée afin de vérifier si, l'importance de l'apprentissage perceptif s'amenuisant en périphérie, l'influence de l'asymétrie hémisphérique pourrait émerger. Outre un effet de la distance en périphérie – les visages présentés le plus proche du centre étaient les mieux reconnus – les auteurs n'ont pas observé d'effet du champ visuel. Néanmoins, une interaction entre ces deux

facteurs était notée, avec une meilleure reconnaissance des visages présentés dans le champ visuel droit lorsqu'ils étaient proches en excentricité du centre, et une émergence de meilleures performances dans le champ visuel gauche lorsque le visage était présenté en périphérie. Enfin, les résultats de la deuxième expérience de ces auteurs confirment le résultat principal de leur première expérience, à savoir de meilleures performances lorsque le point de fixation se situait légèrement à gauche du centre du visage. Cela est également en accord avec les résultats de Hsiao & Cottrell (2008), montrant que la fixation nécessaire à une reconnaissance optimale se situe près du milieu du nez, légèrement à gauche de celui-ci. Ces auteurs expliquent cette position de l'OVP en termes d'un biais interne à l'observateur, résultant de l'importance des informations de basse fréquence spatiale pour la reconnaissance des visages et de la dominance de l'HD pour le traitement de ce type d'information.

c) Importance de la position du visage

Les résultats présentés ci-dessus sont à nuancer du fait de l'effet de centre de gravité du visage (Bindemann et al., 2009). Bien que montrant que les fixations ont tendance à arriver au centre des visages, quel que soit leur orientation (profil, trois-quarts ou face), Bindemann et al. (2009) ont négligé le facteur position de présentation du visage. En effet, lors de leur expérience, ils ont présenté les visages aux quatre quadrants d'un écran d'ordinateur (en haut à gauche, en haut à droite, en bas à gauche et en bas à droite). Ils ont par la suite moyenné toutes les réponses enregistrées à ces différents quadrants de présentation, négligeant alors le facteur position de présentation des visages. Par ailleurs, des études précédentes ont mis en évidence que les mouvements oculaires permettaient une amélioration des performances de reconnaissance des visages par rapport à des situations de durée de présentation semblable, mais n'incluant pas de mouvements des yeux. Pour de nombreuses études, la position de départ de la saccade correspondait au centre du stimulus à afficher (Butler et al., 2005 ; Circelli et al., 2012 ; Guo et al., 2009, 2011, 2010), alors que dans d'autres études, soit le départ n'était pas défini, soit il était défini mais restait constant tout le long de l'expérience. La plupart de ces études évoque le même pattern d'exploration, incluant les traits internes des visages, avec une préférence pour la partie supérieure du visage (les yeux).

Arizpe, Kravitz, Yovel, & Baker (2012) ont fait varier les positions de départ de la saccade lors d'une tâche de reconnaissance de visages (Figure 10), en justifiant cette approche par le fait que de nombreuses études utilisaient des positions de présentation différentes, ce qui pourrait être à l'origine des différences de résultats, certains auteurs observant une position d'arrivée à gauche du centre, d'autres au centre du visage : si le pattern d'exploration est lié

principalement au stimulus et à la tâche, il ne devrait varier que de manière minimale lors du changement du point de départ de la saccade.



Figure 10 : Positions de départ de l'exploration visuelle (représentées par les points bleus) utilisés par Arizpe et al. dans leur étude de 2012. *Adapté de Arizpe et al. (2012).*

Ils ont alors montré que la position de départ (inhérente ni à la tâche ni au stimulus) avait un impact important sur la position d'arrivée de la saccade au cours des 5 premières fixations. Pour toutes les positions de départ, la première fixation au sein du visage était qualitativement différente des fixations suivantes, avec une durée plus courte et une distribution spatiale différente. Quelle que soit la position de départ, la première fixation arrivait vers le centre du visage, légèrement déviée vers la position de départ, alors que les fixations suivantes avaient tendance à s'orienter vers le côté opposé au point de départ. En outre, les premières fixations étaient plus courtes que les suivantes. Un BO de proximité était noté avec une tendance à se positionner vers la droite pour la position de départ gauche et un BO vers la gauche pour toutes les autres positions de départ (centre, droite, haut et bas). Ces effets ont été observés pour les visages à l'endroit et à l'envers, durant la phase d'étude et de test, reflétant les propriétés des saccades oculaires. Par ailleurs, ils n'observaient pas d'interactions entre la position de départ et les données comportementales à la tâche de reconnaissance de visages. Ces résultats mettent en évidence que les paramètres temporels et spatiaux liés à la position de départ sont influencés par des facteurs autres que la tâche et le stimulus, reflétant probablement une stratégie d'exploration ou des effets visuo-moteurs. Ces auteurs ont suggéré que le traitement des visages n'était pas strictement lié à l'information arrivant sur la fovéa, les endroits de fixation n'étant que faiblement liés à l'information qui en était extraite. Tout comme Hsiao & Cottrell (2008), ils ont observé que deux fixations étaient suffisantes pour effectuer une tâche de reconnaissance, ce qui implique que seule une partie des informations perçues par la fovéa est nécessaire pour une reconnaissance adéquate. Finalement, peu de fixations arrivaient à l'emplacement moyen des fixations (moyenne des positions d'arrivée de toutes les fixations au sein du visage), ce qui suggère que les informations de cet emplacement ne sont pas forcément les plus pertinentes pour une bonne reconnaissance. La localisation des premières fixations pour les positions hautes et basses (Hsiao & Cottrell, 2008) était différente, et s'inversait lors de la seconde fixation, mais cette différence importante n'était pas visible lors du moyennage des positions d'arrivée.

Arizpe et al. (2012) ont également observé que la position centrale de présentation était qualitativement différente des autres positions, avec des latences de la première saccade plus longues, suggérant un traitement des informations faciales avant même qu'une saccade ne soit effectuée. Ainsi, il est difficile de comparer les données des expériences utilisant cette position centrale avec d'autres expériences utilisant d'autres positions. En effet, la position centrale est la seule position pour laquelle le traitement du visage semble déjà amorcé, avant même de réaliser une saccade, ce qui induit un important biais expérimental et pourrait expliquer, selon ces auteurs, la présence d'un BP gauche pour les visages. Cette position centrale n'est donc à utiliser que lors de comparaisons entre données issues de présentations centrales.

d) Variabilité interindividuelle

Etant donné les variations individuelles dans l'exploration des visages, certains auteurs se sont penchés à la fois sur des analyses de groupe (moyenne des différentes saccades) et de données individuelles (Leonards & Scott-Samuel, 2005). Pour les visages, la première saccade était dirigée vers la partie gauche chez 60% des participants. Ces auteurs se sont alors intéressés à ce groupe d'individus avec un BO gauche, mais ont également étudié le comportement des autres participants avec un BO droit. L'exploration des paysages et de figures fractales n'engendrait pas de BO, ni vers la gauche ni vers la droite. Lors de la présentation de visages inversés, le nombre de personnes témoignant d'un important BO gauche était sensiblement réduit. Il faut néanmoins noter que le nombre total de participants présentant un BO gauche (quelle que soit son importance) était le même, que les visages aient été présentés à l'endroit ou à l'envers. Ainsi, le BO était plus important pour les visages à l'endroit, mais ne disparaissait pas pour les visages à l'envers. L'étude des latences correspondant à ces premières saccades montrait une différence entre les personnes avec un BO droit et celles avec un BO gauche. Les deux groupes avaient des latences comparables pour l'orientation des saccades vers l'hémi-champ visuel gauche. La différence se situait au niveau de l'hémi-champ droit, avec des latences plus importantes pour le groupe témoignant d'un BO gauche. Les personnes présentant un BO droit présentaient des latences similaires pour les deux hémi-champs visuels. Leonards & Scott-Samuel (2005) ont interprété l'orientation vers la gauche de la première saccade comme le reflet d'une forme d'automatisation de la programmation saccadique de l'exploration des visages. L'exploration de paysages et de figures fractales serait influencée par des facteurs externes et moins automatique, sans orientation systématique de la première saccade. Ils ont conclu que l'exploration initiale des visages était guidée par des mécanismes internes et automatiques, liés à la familiarité et à l'expertise de l'être humain dans l'exploration des visages, qui se développe tout au long de notre vie.

Lors d'une étude récente, Peterson & Eckstein (2013) ont également relevé des différences de fixations au sein de visages lors de tâches de reconnaissance de visages. Ces différentes tâches impliquaient soit une fixation libre au sein du visage sur une période longue (1,5 secondes) ou courte (350 ms), soit un point de fixation imposé sur la ligne médiane du visage (4 points de fixation possibles : au centre des lèvres, sur le bout du nez, entre les deux yeux et sur le front). Alors que les visages étaient toujours présentés au centre, le point de fixation initial était situé en-dehors du visage. Peterson & Eckstein (2013) ont observé que les positions d'arrivées au sein des visages pour chaque participant différaient de la position d'arrivée moyennée sur l'ensemble du groupe de participants. En outre, la passation de la même tâche par certains participants de l'expérience originelle a permis de mettre en évidence que ces différences étaient stables dans le temps.

Enfin, Blais, Jack, Scheepers, Fiset, & Caldara (2008) ont montré des différences de pattern d'exploration entre Asiatiques et Occidentaux, reflétant ainsi l'impact de la culture sur les processus cognitifs impliqués dans le traitement des visages. Les stratégies utilisées afin d'extraire les informations visuelles des visages différaient : les Occidentaux fixaient principalement la région des yeux et à moindre fréquence, celle de la bouche, alors que les Asiatiques fixaient principalement le centre du visage. Ces différences d'exploration ont été observées lors de la réalisation de trois tâches différentes (apprentissage, reconnaissance et catégorisation des visages), ce qui indique qu'elles sont bien liées à des différences culturelles.

e) Interaction entre biais perceptif et biais oculomoteur

L'interaction entre les biais perceptif et oculomoteur a été étudiée en se basant principalement sur le comportement oculomoteur des personnes présentant un BP gauche ou un BP droit. Ce biais oculomoteur peut s'exprimer alors en nombre de fixations effectives sur une partie du visage, en temps global passé à explorer un héli-visage plutôt que l'autre, ou encore en localisation de la première fixation sur le visage.

Butler et al. (2005) visant à étudier la manière dont les visages étaient explorés et quel était le lien entre biais perceptif et exploration visuelle, ont présenté des visages chimériques construits sur la base de visages d'hommes et de femmes moyennés entre eux (visages réalisés par la superposition d'une dizaine de visages d'âge équivalent), de manière à obtenir des visages « moyens ». Chaque stimulus facial (visages chimériques, normaux et leur image en miroir) a été présenté durant 2 secondes au centre d'un écran. Les auteurs ont enregistré l'orientation de la première saccade, le nombre et la durée des fixations sur les parties gauche et droite, ainsi que

la localisation des fixations lorsque les participants témoignaient d'un BP gauche ou droit. Que ce soit pour les visages normaux ou chimériques, la première saccade avait tendance à arriver sur la partie gauche du visage. En moyenne, une prédominance de fixations sur la partie gauche du visage était également notée. De même, les participants effectuaient leur jugement de genre préférentiellement sur la partie gauche du visage. Néanmoins, lors de l'analyse du lien entre la direction de la première saccade et des réponses perceptives, les premières saccades étaient orientées du côté gauche du visage, que les réponses perceptives soient basées sur la partie gauche ou droite du visage. Par la suite, Butler et al. (2005) ont exploré ce lien en prenant en compte la proportion totale de fixations effectuées à droite et à gauche. Lorsque la réponse était de type « BP gauche », une plus grande proportion de saccades vers la gauche était notée par rapport à la situation où la réponse était de type « BP droit ». La proportion de fixations à gauche en cas de BP gauche était significativement différente d'une distribution aléatoire (50/50) des fixations, ce qui n'était pas le cas pour les réponses de type « BP droit ». En effet, celles-ci n'étaient pas associées à un plus grand nombre de fixations vers la partie droite des visages. Les auteurs ont dès lors conclu à un BO gauche associé au BP gauche.

Cette relation subtile entre BP gauche et BO n'a cependant pas été mise en évidence dans d'autres études. Ainsi, Phillips & David (1997) ont présenté des visages chimériques émotionnels à des personnes souffrant de schizophrénie et à des participants contrôles tout en enregistrant les mouvements oculaires des participants. Les participants « sains » exploraient en premier la partie gauche du visage, et avaient tendance à faire globalement plus de fixations sur cette partie du visage, alors que l'inverse était observé chez les patients. En ce qui concerne la réponse perceptive (BP), ni les participants sains ni les participants schizophrènes ne présentaient de biais perceptif. Ainsi, malgré l'exploration faciale initiée vers la partie gauche du visage et un nombre plus important de fixations dans cette même partie, les participants sains ne semblaient pas prendre en compte ce côté du visage pour leur jugement émotionnel. Les auteurs ont avancé comme raison à l'absence de BP gauche la durée de présentation des visages, de 5 secondes dans leur expérience. Cette durée était selon eux trop importante et permettait aux informations d'un hémisphère cérébral de passer à l'autre hémisphère et ainsi, de compenser en quelque sorte le biais perceptif. Ce lien entre BP et BO n'a également pas été retrouvée par Grega, Sackeim, Sanchez, Cohen, & Hough (1988) lors d'une tâche d'appariement de visages normaux et chimériques exposés entre 5 à 12 secondes. Bien qu'ayant observé un BP gauche, ces auteurs n'ont pas observé de BO associé, que ce soit sur la direction de la première saccade ou sur la durée de fixation par héli-visage. Notons que dans l'expérience de Butler et al. (2005), la durée de présentation des visages de 2 secondes permettait également un transfert des informations d'un hémisphère à l'autre.

Ainsi, ce lien entre BP et BO est peu documenté et n'est pas systématiquement retrouvé. Lorsque c'est le cas, il apparaît subtil. Dans ce contexte, ce travail de thèse propose de compléter ces données en y adjoignant la dimension des effets du vieillissement, au cours de 3 expériences fondées sur une méthodologie commune, exposée ci-dessous après l'exposition des objectifs et de l'intérêt de ce travail.

OBJECTIFS ET INTERETS DES TRAVAUX

II. OBJECTIFS ET INTERETS DES TRAVAUX

Bien que de nombreuses études aient trouvé un BP gauche (i.e. les participants ont répondu en se basant sur la partie gauche des visages du point de vue de l'observateur), son ampleur est faible et varie selon les études entre 53% (Butler & Harvey, 2008) et 77% (Burt & Perrett, 1997). Toutefois, une majorité des études a observé des BP gauche sur moins de 60% des essais (Bava et al., 2005 ; Burt & Perrett, 1997 ; Butler & Harvey, 2006 ; Butler et al., 2005 ; Coolican et al., 2008 ; Grega et al., 1988 ; Rhodes, 1985).

Globalement, il apparaît que les différents résultats concernant les biais perceptif et oculomoteur sont caractérisés par une hétérogénéité qui semble être, au moins en partie, liée à la méthodologie employée, différente pour chaque étude. Les études diffèrent notamment par leurs stimuli, certaines ayant présenté des visages chimériques composés de deux héli-visages différant par le genre (Bava et al., 2005 ; Burt & Perrett, 1997 ; Butler & Harvey, 2006, 2008 ; Butler et al., 2005 ; Rhodes, 1985), l'expression faciale (Bava et al., 2005 ; Burt & Perrett, 1997 ; Coolican et al., 2008 ; Phillips & David, 1997), l'identité (Butler et al., 2005 ; Coolican et al., 2008 ; Megreya & Havard, 2011 ; Yovel et al., 2008) ou encore selon l'âge, la beauté et la lecture sur les lèvres (Burt & Perrett, 1997). Par ailleurs, la présentation des visages n'était pas toujours la même, certaines études les présentant de manière centrale (Butler & Harvey, 2006, 2008 ; Butler et al., 2005 ; Levy et al., 1972 ; Phillips & David, 1997) et d'autres les uns au-dessus des autres (Bava et al., 2005 ; Butler et al., 2005 ; Coolican et al., 2008 ; Megreya & Havard, 2011 ; Rhodes, 1985 ; Yovel et al., 2008), sur un écran (Butler & Harvey, 2006, 2008 ; Butler et al., 2005 ; Megreya & Havard, 2011 ; Phillips & David, 1997 ; Rhodes, 1985 ; Yovel et al., 2008) ou sur papier (Bava et al., 2005 ; Burt & Perrett, 1997 ; Coolican et al., 2008 ; Rhodes, 1985), durant un temps bref ne permettant pas la réalisation de mouvements oculaires (Butler & Harvey, 2006, 2008 ; Rhodes, 1985 ; Yovel et al., 2008) ou durant un temps d'exploration libre supérieur ou égal à 2 secondes (Bava et al., 2005 ; Burt & Perrett, 1997 ; Butler & Harvey, 2008 ; Butler et al., 2005 ; Coolican et al., 2008 ; Grega et al., 1988 ; Phillips & David, 1997 ; Rhodes, 1985). Concernant les résultats, une dominance des réponses perceptives basées sur la partie gauche des visages est notée pour un certain nombre d'entre elles (Bava et al., 2005 ; Burt & Perrett, 1997 ; Butler & Harvey, 2006, 2008 ; Butler et al., 2005 ; Coolican et al., 2008 ; Megreya & Havard, 2011 ; Rhodes, 1985), mais une certaine proportion de participants présentent un BP gauche réduit, voire absent dans certaines conditions (Burt & Perrett, 1997 ; Coolican et al., 2008 ; Phillips & David, 1997 ; Yovel et al., 2008) ou même un BP droit (Butler et al., 2005 ;

Yovel et al., 2008). Cette variabilité interindividuelle a rarement été évoquée et prise en compte dans ces diverses études.

Les méthodes employées dans les études portant sur le BO ne sont également pas les mêmes selon les expériences, pouvant ainsi expliquer la diversité des résultats. En effet, la plupart des études ont présenté les visages de manière centrale, en utilisant des points de fixation initiaux situés au centre du visage (Guo et al., 2009, 2011, 2010), à différents endroits au sein du visage (Arizpe et al., 2012 ; Hsiao & Liu, 2012) ou en périphérie de celui-ci (Peterson & Eckstein, 2013). Quelques études ont présenté les visages en périphérie d'une croix de fixation centrale, au-dessus ou au-dessous de celle-ci (Hsiao & Liu, 2012 ; Hsiao & Cottrell, 2008) ou aux quatre coins de l'écran (Bindemann et al., 2009). Ces méthodes ont donné lieu à des observations différentes en ce qui concerne le BO, certaines concluant à une dominance de l'HD pour le traitement des visages s'exprimant par une exploration initiée par la gauche (Guo et al., 2009, 2011, 2010 ; Hsiao & Liu, 2012 ; Hsiao & Cottrell, 2008), d'autres à un effet du centre de gravité des visages (Bindemann et al., 2009) ou encore à une influence de la position de départ de la saccade (Arizpe et al., 2012). En outre, la plupart de ces études ont moyenné les positions d'arrivées des saccades sur l'ensemble des participants, alors que Peterson & Eckstein (2013) ont montré l'existence de différences interindividuelle dans l'exploration des visages.

Par ailleurs, la relation entre le BP et le BO n'a pas toujours été explorée (cf. les études portant sur le BP sans enregistrement des mouvements oculaires), et lorsqu'elle est rapportée, elle semble peu robuste (cf. section I.D.3.e) (Butler et al., 2005 ; Phillips & David, 1997).

Enfin, peu d'études se sont intéressées à l'évolution du BP (Butler & Harvey, 2008 ; Coolican et al., 2008) et du BO (Circelli et al., 2012) au cours du vieillissement. Etant donné les explications suggérées pour expliquer ces deux biais, notamment l'asymétrie hémisphérique dans le traitement des visages, leur étude au cours du vieillissement pourrait fournir de précieux renseignements. Elle permettrait en effet de fournir des informations d'une part sur la réduction des asymétries au cours du vieillissement pour le traitement des visages (BP), et d'autre part sur le phénomène concernant la base sous-jacente au BO. En d'autres termes il s'agit de savoir si le BO est un phénomène lié à la dominance de l'HD pour le traitement des visages ou aux contraintes du système saccadique.

Le but de ce travail de thèse est donc d'apporter des éléments de clarification concernant le BP, le BO et leur lien, pour des participants jeunes et au cours du vieillissement normal. Dans ce but, une méthode commune a été élaborée, permettant de faire varier deux principaux paramètres pouvant moduler ces biais : la position de présentation des visages et le nombre de saccades exécutées (et en conséquence, la durée de présentation des visages). Le BP

gauche rapporté par les différentes études citées précédemment étant de faible ampleur, cet effet ne semble pas robuste et pourrait être modulable. Cela pourrait également indiquer une variabilité interindividuelle, que nous nous proposons également de prendre en compte lors de l'analyse de nos résultats. Ainsi, si le BP est bien lié à la dominance de l'HD pour le traitement des visages, il ne devrait pas être présent chez les adultes âgés, ou tout du moins survenir plus tardivement et être de moindre amplitude, en lien avec la réduction des asymétries hémisphériques au cours du vieillissement (Cabeza, 2002 ; Dolcos et al., 2002). Si l'exploration oculaire des visages, orientée vers la gauche pour les jeunes adultes, ne témoigne plus de préférence pour cette partie du visage chez les adultes âgés, cela pourrait être un élément supplémentaire en faveur d'une réduction des asymétries hémisphérique avec le vieillissement. Si au contraire l'exploration reste similaire entre ces deux groupes, cela signifierait que ce BO est plus lié aux contraintes du système saccadique qu'à la spécialisation de l'HD pour le traitement des visages. Des hypothèses plus spécifiques seront détaillées dans la partie suivante, en début de chaque exposé d'expérience.

CONTRIBUTIONS EXPERIMENTALES

METHODE GENERALE

III. CONTRIBUTIONS EXPERIMENTALES

A. METHODE GENERALE

Cette partie présente la méthodologie commune aux trois expériences de ce travail. La méthode particulière de chacune de ces expériences – les conditions expérimentales et le nombre de participants notamment – sera présentée au début de l'exposé de chacune d'entre elles.

1. MATERIEL

a) Stimuli

Les stimuli utilisés pour toutes les expériences ont été construits à partir de 64 photographies de visages caucasiens (32 femmes et 32 hommes, 16 personnes jeunes et 16 personnes âgées dans chaque cas) issues de la base de visages de Minear & Park (2004). Chaque visage a été divisé en deux selon un plan vertical médian. Afin de construire des visages chimériques, chaque moitié de visage ainsi obtenue a été associée à une moitié appartenant à un autre visage de genre opposé. Trente-deux visages chimériques ont pu être ainsi construits (Figure 18) : 16 visages « jeunes » dont 8 avec un demi-visage gauche, du point de vue de l'observateur, féminin et un demi-visage droit masculin et réciproquement, 16 visages « âgés » dont 8 avec un demi-visage gauche masculin et un demi-visage droit féminin et réciproquement. Trente-deux visages « normaux » (non chimériques) ont également été utilisés : 16 visages féminins et 16 visages masculins (8 visages « jeunes » et 8 visages « âgés » pour chacun des genres). Enfin, tous ces visages (normaux et chimériques) ont été inversés selon un axe vertical médian, de manière à obtenir leur image en miroir, et ce afin de compenser d'éventuelles différences entre les deux parties du visage, susceptibles d'influencer les réponses perceptives et oculomotrices des participants. Quarante autres visages normaux (20 féminins et 20 masculins) ont été utilisés lors d'une phase pré-expérimentale décrite dans la section « procédure » (voir *infra* III.A.2).

Tous les visages étaient présentés en couleur et dénués d'expression, détournés de manière à ce que les cheveux et les bijoux ne soient pas visibles. Ainsi, les participants ne pouvaient se baser que sur les traits faciaux et leurs relations internes pour déterminer le genre du visage. Tous les stimuli mesuraient 8 cm de large et 12 cm de haut, étaient présentés à 57 cm des yeux des participants, et couvraient ainsi $8^{\circ} \times 12^{\circ}$ d'angle visuel. Un masque de même

dimension a été construit en superposant et mélangeant les pixels de tous les visages utilisés dans ces expériences (Figure 11).

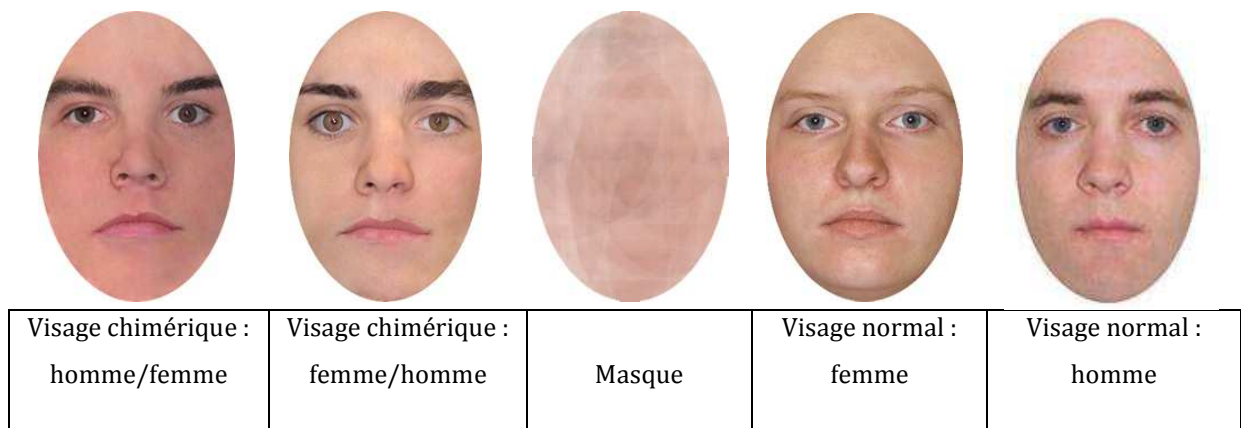


Figure 11 : Exemples de stimuli.

b) Appareillage

Tous les visages étaient présentés sur un fond blanc, sur un écran VGA Iiyama (HM240DT) de 19 pouces, avec une résolution spatiale de 800*600 pixels et une fréquence de rafraîchissement vertical de 170 hertz. L'expérience se déroulait dans une pièce faiblement éclairée. La tête du participant était stabilisée à l'aide d'une mentonnière permettant un appui au niveau du menton et du front. Pendant les expériences, la vision était binoculaire mais seuls les mouvements de l'œil droit étaient enregistrés à l'aide du système oculomètre EyeLink® 1000 (EyeLink 1000 Desktop Mount, SR Research Ltd., Canada). Ce système comprenait une caméra et un émetteur infra-rouge placés à 50 centimètres face au sujet de manière à ce que la caméra enregistre les mouvements de l'œil droit. Sa résolution spatiale, inférieure à 0.5°, permettait un échantillonnage de la position de l'œil à 1000 Hz (i.e. toutes les millisecondes). Les saccades oculaires étaient détectées en temps réel, à l'aide d'un algorithme basé sur un critère de vélocité ($> 30^\circ/\text{s}$) et un critère d'accélération ($> 8000^\circ/\text{s/s}$), permettant la mise en place de changements contingents à la saccade.

2. PROCEDURE

La procédure de base était commune à toutes les expériences. Ainsi, les participants devaient toujours réaliser une tâche de jugement de genre sur des visages normaux et / ou chimériques. Avant la passation de l'expérience-même, chaque participant était soumis à une

pré-expérience permettant de déterminer la durée de présentation des visages qui lui était nécessaire pour qu'il réalise correctement la tâche de jugement de genre dans la condition Fixation (où aucune saccade n'était autorisée) de la phase expérimentale en évitant les effets plafonds et les réponses aléatoires. Dans cette pré-expérience, quatre blocs de dix essais chacun étaient proposés, composés de visages normaux uniquement, présentés en position haute, c'est-à-dire, au-dessus d'une croix de fixation située au centre de l'écran. L'expérimentateur fixait une durée de présentation initiale (150 ms pour les participants jeunes et 300 ms pour les participants âgés) et augmentait ou diminuait cette durée en fonction des performances de chacun des participants, jusqu'à ce que chacun témoigne de 80% de bonnes réponses sur 2 blocs consécutifs. Une fois cette durée fixée, la phase expérimentale pouvait commencer.

Un essai débutait par une croix de fixation placée au centre de l'écran. Les visages pouvaient ensuite être présentés dans différentes positions par rapport à cette croix de fixation : au-dessus (Haut), au-dessous (Bas), à gauche, à droite ou au centre de l'écran. Pour les quatre positions périphériques, la distance du centre de la croix de fixation au bord le plus proche du visage était de $3,7^\circ$ pour les positions gauche et droite, et de $1,64^\circ$ pour les positions haute et basse et la distance entre le centre de la croix et le centre du visage était de $7,68^\circ$. Pour la position centrale, le visage était centré sur la croix de fixation centrale.

Chaque expérience était composée de deux blocs : un bloc Fixation où le participant avait pour consigne de maintenir son regard fixé au centre de l'écran durant toute la durée de l'essai et un bloc Saccade où le participant, à l'apparition du visage, devait effectuer un certain nombre de saccades vers le visage. Pour la première expérience, l'ordre de ces blocs était contrebalancé au sein de l'expérience : le bloc Saccade était le premier pour la moitié des participants (jeunes et âgés), tandis que le bloc Fixation était le premier pour l'autre moitié. Lors de la deuxième et troisième expériences, l'ordre de ces blocs était contrebalancé pour les participants jeunes, alors que tous les participants âgés passaient le bloc Fixation en premier. Cela a été fait en réponse à leurs difficultés à inhiber les saccades dans le bloc Fixation lorsque le bloc Saccade était présenté en premier lors de la première expérience.

Le nombre d'essais ainsi que le nombre de répétitions d'un même visage différait entre chaque expérience.

Enfin, pour chaque expérience, des « listes » de contrebalancement des essais ont été établies afin que tous les visages (chimérique homme / femme, femme / homme et leur image en miroir) soient présentés dans toutes les conditions expérimentales dans chaque bloc. Chaque session expérimentale démarrait par une phase de calibration de la position de l'œil sur l'écran. Dans un premier temps, le participant devait fixer un point situé au centre de l'écran afin de

vérifier que l'image de la pupille enregistrée par la caméra était correcte. Puis, le participant devait fixer un point qui s'affichait successivement, dans un ordre aléatoire, sur 9 positions contrôlées (3×3 points) de manière à obtenir trois mesures de référence sur le méridien horizontal, trois mesures sur le méridien vertical et une mesure de référence sur chacun des quatre angles de l'écran (voir ci-dessous). Avant chaque essai une vérification de la calibration était effectuée sur un point s'affichant à l'emplacement du point de fixation initial (au centre de l'écran), afin de déterminer si la distance entre le point de fixation et le point de calibration était supérieure à $0,75^\circ$, auquel cas une nouvelle calibration était réalisée.

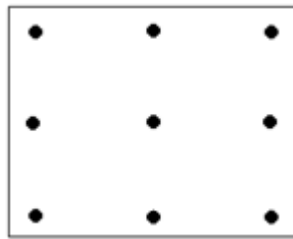


Figure 12 : Grille de calibration.

Chaque essai se déroulait de la manière suivante : 1) affichage d'un point gris au centre de l'écran. Le participant appuyait sur un bouton afin de démarrer la procédure de vérification de la calibration. Si la calibration était correcte, alors 2) déclenchement de l'essai marqué par le remplacement de ce point central par la croix de fixation centrale : cette croix, de couleur noire et mesurant $0,5^\circ \times 0,5^\circ$ restait affichée, de manière aléatoire, pendant 400, 600, 800 ou 1000 ms ; 3) à l'extinction de la croix de fixation, présentation du visage puis du masque jusqu'à la réponse. Tous les visages étaient présentés sur un fond blanc.

Les participants avaient à leur disposition une manette de réponse leur permettant 1) d'appuyer sur un bouton parmi deux possibles pour délivrer les réponses « homme », ou « femme » et 2) d'appuyer sur un troisième bouton pour vérifier la calibration avant d'initier l'essai suivant. Ils ne devaient utiliser qu'une seule main – et toujours la même – pour délivrer leur réponse, et l'autre main pour initier l'essai suivant. Les boutons de réponse étaient disposés de telle sorte que la réponse « homme » nécessitait un appui avec l'index et la réponse « femme » un appui avec le majeur. La main de réponse et la main d'initiation de l'essai suivant étaient contrebalancées d'un participant à l'autre au sein de chaque expérience (avec un même nombre de participants hommes et femmes dans chaque cas).

a) Condition Fixation

En condition Fixation, lorsque le visage apparaissait à l'écran, le participant devait maintenir le regard fixé en permanence au centre de l'écran jusqu'à la fin de l'essai : il recevait donc pour consigne de fixer le centre de l'écran en permanence, tout au long de l'essai. La durée de présentation du visage était alors celle qui résultait de la phase de pré-expérience décrite précédemment. Une fois ce temps écoulé, le visage disparaissait et était remplacé par le masque. Le sujet délivrait alors sa réponse de jugement de genre. Une fois la réponse enregistrée, le point gris permettant de vérifier le calibrage apparaissait de nouveau à l'écran.

b) Condition Saccade

Au sein du bloc Saccade, lorsque la croix de fixation centrale apparaissait à l'écran, les participants avaient pour consigne de maintenir le regard fixé sur elle jusqu'à ce que le visage apparaisse (son apparition coïncidait avec la disparition de la croix). Dès lors, il leur était demandé d'explorer ce visage et de répondre lorsque le masque apparaissait. Aucune information ne leur était donnée sur le nombre de saccades qu'il leur était permis d'exécuter. Ainsi, selon les expériences, ce nombre était fixé à 1, 2 ou 3. Une fois que le nombre maximal de saccades déterminé par l'expérimentateur était atteint, le visage était masqué dès l'initiation de la saccade suivante.

3. PARTICIPANTS

L'étude générale de ce travail de thèse adhère aux principes de la Déclaration d'Helsinki et les différentes expériences ont été approuvées par le Comité d'Ethique de l'Université Paris Descartes (Comité d'Evaluation Ethique en Recherche Biomédicale, CEERB, n° IRB 20130500001072). Tous les participants ont donné leur consentement écrit pour participer à cette étude et ont été informés qu'ils pouvaient, à tout instant, retirer leur participation à l'expérience.

Sur l'ensemble des expériences, chacun des participants (jeunes et âgés) n'a pris part qu'à une seule expérience. Les participants jeunes avaient entre 18 et 28 ans, et les participants âgés entre 64 et 76 ans. Tous les participants étaient droitiers, leur latéralité ayant été mesurée au préalable à l'aide du questionnaire de latéralité modifié par Hécaen et Ajuriaguerra (1963). Avant – pour les participants jeunes – ou après – pour les participants âgés – la phase

expérimentale, ils répondaient à l'échelle de dépression de Beck et étaient soumis au Mini Mental State Examination (MMSE). Ainsi, les personnes ayant une faible efficacité cognitive (score ≤ 24 à l'échelle MMSE) et / ou des troubles de l'humeur (scores ≤ 7 à l'échelle de Beck) ont été écartées de cette étude *a posteriori*.

Les participants jeunes ont été recrutés parmi les étudiants de l'Institut de Psychologie de l'Université Paris Descartes : ils ont participé de manière bénévole ou en échange de points sur une Unité d'Enseignement. Les participants âgés ont été recrutés auprès d'associations et de clubs séniors de la région parisienne. Tous les participants avaient une vision normale ou corrigée.

B. METHODES D'ANALYSE DES DONNEES

Différents types de données ont été recueillis et analysés : d'une part les réponses perceptives, à savoir le jugement de genre réalisé sur les visages normaux, s'exprimant en pourcentage de bonnes réponses (% de BR), et sur les visages chimériques, permettant alors le calcul de l'indice perceptif (IP), et d'autre part les données issues de l'enregistrement des mouvements oculaires – les latences et les positions d'arrivées des saccades – permettant le calcul de l'indice oculomoteur (IO).

Si le recueil et l'analyse du % de BR, de la latence (en ms) et de la position d'arrivée (en degrés) des saccades oculaires n'appellent pas de remarques particulières, il est nécessaire de décrire quelque peu le mode de calcul des IP et IO traduisant, respectivement, les biais perceptif et oculomoteur.

L'indice perceptif (IP) a été calculé sur l'ensemble des essais correspondant à une condition expérimentale en soustrayant le nombre de réponses basées sur la partie gauche des visages (du point de vue de l'observateur) au nombre de réponses basées sur la partie droite des visages, le tout divisé par leur somme.

$$IP = \frac{n_{\text{Partie Droite}} - n_{\text{Partie Gauche}}}{n_{\text{Partie Droite}} + n_{\text{Partie Gauche}}}$$

Cet indice varie donc entre -1 et +1. Un IP négatif traduit un biais perceptif (BP) vers la gauche (les participants basent leur jugement de genre sur la partie gauche des visages), alors qu'un IP positif signifie un BP vers la droite (les participants basent leur jugement de genre sur

la partie droite des visages). Un IP nul traduit le fait que les réponses sont basées de manière équivalente sur les parties gauche et droite des visages (du point de vue de l'observateur).

L'indice oculomoteur (IO) – reflétant le biais oculomoteur (BO) sur l'ensemble des essais pour chaque condition expérimentale – est calculé de manière similaire à l'IP : le nombre de fixations sur la partie gauche des visages est soustrait au nombre de fixations sur la partie droite des visages, le tout divisé par le nombre total de fixations.

$$IO = \frac{n_{\text{Partie Droite}} - n_{\text{Partie Gauche}}}{n_{\text{Partie Droite}} + n_{\text{Partie Gauche}}}$$

Un IO négatif traduit un biais oculomoteur (BO) vers la gauche (plus de fixations vers la partie gauche des visages que vers la partie droite), un IO positif traduit un BO vers la droite. Un IO nul signifie que les fixations sont opérées en nombre équivalent sur les parties droite et gauche.

Les analyses de ces variables ont été conduites à l'aide de trois tests différents. Des ANOVAs ont été effectuées avec pour facteurs principaux : le groupe d'âge à deux modalités (A_2 : jeunes et âgés), le type de visage à deux modalités (V_2 : Normal et Chimérique), la position de présentation des visages (P , son nombre de modalité variant selon les expériences) et le nombre de saccades réalisées (E , variant également selon les expériences), et pour facteurs secondaires contrebalancés : le genre à deux modalités (G_2 : Homme et Femme) et la main de réponse à deux modalités (M_2 : Main droite et Main gauche). Enfin, lorsque les effectifs des groupes jeunes et âgés n'étaient pas égaux (expériences 1 & 3), l'ANOVA réalisée était pondérée par les effectifs.

Des t de Student de comparaison à une norme ont été réalisés afin de comparer les valeurs observées des IO et IP à zéro (traduisant alors une absence de biais).

Afin d'étudier le lien entre ces deux indices, pour chaque participant, les données oculomotrices ont été séparées en deux catégories : les essais correspondant à un IP négatif (réponses en faveur d'un BP gauche) ou à un IP positif (en faveur d'un BP droit). En complément, des corrélations entre les valeurs moyennes des IO et IP ont été effectuées.

Enfin, face à l'importante variabilité interindividuelle, nous avons comparé par le test du χ^2 la répartition observée de nos participants selon leur IP ou IO à une répartition théorique aléatoire.

Les deux premières expériences présentées ci-dessous, comportant des visages normaux et chimériques, ont été réalisées en parallèle. La troisième expérience a été menée par la suite, afin de répondre aux interrogations survenues suite aux expériences 1 & 2 que nous évoquerons dans chaque partie correspondante.

CONTRIBUTIONS EXPERIMENTALES

EXPERIENCE 1 :

**INFLUENCE DES POSITIONS DE PRESENTATION PERIPHERIQUES SUR LES BIAIS
PERCEPTIF ET OCULOMOTEUR**

1. EXPERIENCE 1 : INFLUENCE DES POSITIONS DE PRESENTATION PERIPHERIQUES SUR LES BIAIS PERCEPTIF ET OCULOMOTEUR

La majorité des études portant sur les biais perceptif (BP) et / ou oculomoteur (BO) ont présenté les visages en position centrale, induisant ainsi une fixation initiale située au sein du visage (Butler & Harvey, 2005, 2006, 2008 ; Circelli et al., 2012 ; Guo et al., 2009, 2011, 2010 ; Phillips & David, 1997). De récentes études (Arizpe et al., 2012 ; Saether, Van Belle, Laeng, Brennen, & Øvervoll, 2009) suggèrent que la méthode employée peut moduler ces différents biais. Ainsi, Arizpe et al., (2012) ont mis en évidence l'incidence de la position initiale de fixation (située à différents emplacements au sein du visage) sur l'exploration oculaire de visages.

Deux études (Brady, Campbell, & Flaherty, 2005 ; Coolican et al., 2008) ont mis en évidence un BP lors de la perception de visages chimériques présentés sur un axe vertical l'un au-dessus de l'autre sur un classeur. Toutefois, aucune de ces études n'a eu recours à l'enregistrement des mouvements oculaires. Hsiao & Cottrell (2008) ont quant à eux présenté des visages normaux au-dessus ou au-dessous d'un point de fixation central, incitant ainsi leurs participants à exécuter une saccade vers le visage. La première saccade arrivait alors légèrement à gauche du nez, suggérant un BO gauche. Cependant, leur expérience n'était pas destinée à étudier le BP. Cela était également le cas des études de Peterson & Eckstein (2012, 2013), lesquels ont utilisé des positions de départ des saccades périphériques vers un visage présenté centralement, cela dans le but de contrecarrer un possible biais dû à une fixation initiale au centre du visage.

Le but de cette première expérience était notamment d'étudier le BP dans le cas où le visage était présenté en vision périphérique et son évolution lorsque l'exploration du visage était rendue possible avec l'exécution d'une saccade, permettant ainsi de percevoir et traiter des informations supplémentaires. Les visages normaux et chimériques étaient présentés dans l'une des quatre positions périphériques suivantes : haut, bas, gauche et droite par rapport au point de fixation central. Les participants réalisaient la tâche selon deux conditions différentes : soit il leur était demandé de n'exécuter aucun mouvement oculaire et de fixer le centre de l'écran tout au long de l'essai (condition Fixation), soit il leur était demandé d'explorer le visage (condition Saccade). Lors de cette seconde condition, une seule saccade était autorisée, après laquelle le visage était masqué dès lors que la seconde saccade était détectée. Les participants n'étaient pas informés de cette particularité.

Nous nous proposons d'étudier le lien entre les biais perceptif et oculomoteur et la manière dont celui-ci pouvait être affecté par la position de présentation des visages. Nous souhaitons notamment explorer les possibles différences induites par les positions centrées sur

l'axe vertical (Haut et Bas) et celles positionnées sur l'axe horizontal (Gauche et Droite) passant par le centre de l'écran. Ainsi, lors de la condition Fixation, les positions Haute et Basse permettaient une présentation de chaque hémi-visage en vision parafovéale dans les deux hémichamps visuels. A l'inverse, lors de la présentation latérale des visages, en positions Gauche et Droite, les hémi-visages étaient affichés en totalité dans le champ visuel gauche ou droit. Pour ces positions latérales, nous nous attendions dès lors à un BP de proximité, étant donné qu'un hémi-visage entier se situait au plus près du point de fixation (ex. un BP gauche pour les visages présentés à droite et un BP droit pour les visages présentés à gauche). Lors de la réalisation d'une saccade, une modulation de ce BP était attendue, conformément aux travaux de Butler et al. (2006) mettant en évidence une accentuation du BP gauche avec la capacité d'explorer le visage à l'aide de mouvements oculaires. Concernant le BO, nous nous attendions à ce que la position d'arrivée de la saccade soit également modulée par la position de départ de la saccade, arrivant vers le centre du visage, légèrement décalée vers la position de fixation initiale, comme suggéré par l'étude d'Arizpe et al. (2012) et ce pour les deux groupes de participants. Enfin, concernant les participants âgés, nous nous attendions à un BP apparaissant plus tardivement à celui des participants jeunes.

Des visages normaux ont été utilisés afin de s'assurer que les participants étaient capables de distinguer un visage féminin d'un visage masculin, mais également que les visages chimériques étaient explorés de la même manière que les visages normaux.

a) Participants

Trente-deux jeunes étudiants (16 hommes et 16 femmes, $m = 21,22 \pm 2,32$ ans), ainsi que 17 personnes âgées ont pris part à cette étude (8 hommes et 9 femmes, $m = 67,6 \pm 2,47$ ans). Tous les participants étaient droitiers (jeunes : $m = 92,2 \pm 6,2\%$; âgés : $m = 98,7 \pm 2,3\%$).

b) Procédure

Au cours de cette expérience, des visages normaux et chimériques (V) ont été utilisés et présentés, selon quatre positions (P) autour de la croix centrale. Le temps moyen de présentation déterminé au cours de la phase pré-expérimentale était de $203,71 \pm 17,02$ ms pour les participants jeunes et de $336,76 \pm 44,36$ ms pour les participants âgés. La comparaison de ces deux moyennes indiquent des temps de présentation significativement plus longs chez les participants âgés que chez les participants jeunes ($t_{(47)} = -14,11$; $p < .001$).

Les 4 positions de présentation possibles (P_4) se situaient à gauche, à droite, au-dessus (Haut) et au-dessous (Bas) de la croix de fixation centrale telles que décrites dans le chapitre Méthodologie Générale. Deux conditions saccadiques (E_2) ont été appliquées : une absence de saccade (condition Fixation) ou une exploration du visage à l'aide d'une saccade unique, le visage étant masqué dès lors que l'exécution d'une seconde saccade était détectée (condition Saccade). Il est à noter que les participants n'étaient pas informés de cette procédure et qu'il leur était simplement demandé d'explorer les visages. Les 256 essais étaient répartis en deux blocs (1 bloc Fixation et 1 bloc Saccade) de 128 essais et tous les visages étaient présentés 4 fois au cours de l'expérience.

c) Analyse des données

Les variables étudiées étaient le pourcentage de bonnes réponses (% de BR) recueilli pour les visages normaux, l'indice perceptif (IP) calculé pour les visages chimériques, la latence (en ms) et la position d'arrivée des saccades (en degrés), ainsi que l'indice oculomoteur (IO) calculé pour les visages normaux et chimériques.

Ainsi, les données ont été analysées en fonction des variations des facteurs principaux systématiques suivants : le Groupe d'âge des participants (S) à deux modalités (A_2 : Jeunes et Agés), le type de Visage à deux modalités (V_2 : Normal ou Chimérique), la Position de présentation des visages à quatre modalités (P_4 : Haut, Bas, Gauche et Droite), la condition Saccadique à deux modalités (E_2 : fixation ou 1 saccade autorisée). En outre, les données ont également été analysées en fonction des facteurs secondaires contrebalancés suivants : le Genre des participants (G_2 : Homme et Femme) et la Main de réponse (M_2 : Gauche et Droite).

Le plan expérimental était donc :

$$S < A_2 * G_2 * M_2 > * V_2 * P_4 * E_2$$

Les plans d'analyses pouvaient différer selon les variables dépendantes analysées. Ainsi, les visages chimériques n'ont pas été pris en compte lors de l'analyse des % de BR étant donné qu'il n'y avait pas de BR possible dans ce cas-là. Les listes de contrebalancements, ainsi que l'ordre des Blocs (Fixation / Saccade) n'ont pas été inclus dans les ANOVAs réalisées sur les facteurs principaux et secondaires, en raison du faible nombre de participants âgés ne permettant pas dans certaines conditions d'inclure plus d'une personne par liste.

Les analyses concernant les % de BR (relevés à partir des réponses aux visages normaux), ainsi que l'IP (données issues des réponses aux visages chimériques) ont porté sur

les données des seuls 11 participants âgés ayant réalisé la totalité des deux blocs expérimentaux correspondant aux deux conditions saccadiques, à savoir Fixation et 1 Saccade autorisée. Les six autres participants âgés ont satisfait aux conditions expérimentales dans le bloc Saccade, mais ont rencontré d'importantes difficultés à inhiber leurs saccades au cours du bloc Fixation. Les données des 6 participants âgés écartés de l'analyse sur le % de BR et l'IP ont été néanmoins incluses dans les analyses des autres variables, à savoir la latence, la position d'arrivée de la saccade, ainsi que l'IO. Pour ces dernières variables, les données ont donc été analysées sur 17 participants âgés.

d) Résultats

Sur l'ensemble des données issues de tous les participants, 15,6% des essais ont été éliminés des analyses pour les raisons suivantes : saccades réalisées durant la condition Fixation (11,97% dont 2,03% exécutées par les participants jeunes et 9,94% par les participants âgés), absence d'exécution de saccade dans la condition Saccade (1,1%), saccades dirigées dans la mauvaise direction (1,3%), saccades dont les latences étaient trop courtes (< 80ms) ou trop longues (> 800 ms) (1,1%) ou clignements des yeux (0,08%).

(1) Pourcentage de Bonnes Réponses (% de BR)

Rappelons que le % de BR est issu des réponses fournies par les participants lors du jugement de genre sur les visages normaux. En effet, il n'existe pas de « bonne » réponse concernant les visages chimériques, composés de deux moitiés de visages différant par le genre. L'ANOVA a été réalisée sur les facteurs condition Saccadique (Fixation et Saccade), la Position de présentation des visages (Haut, Bas, Gauche et Droite), l'Âge des participants (adultes Jeunes et Agés), leur Genre (Homme et Femme) et la Main de réponse (main Droite et Gauche).

Une comparaison des % de BR à une norme – 50% – a été effectuée pour les différentes conditions expérimentales et pour les deux groupes de participants. Le but était de vérifier que la tâche de jugement de genre était correctement réalisée et que le % de BR obtenu pour chaque condition expérimentale différait du hasard (50%). Ces analyses (réalisées à l'aide du t de Student) sont présentées dans les tableaux 1.A et 1.B ci-dessous. Elles indiquent que les réponses de tous les participants diffèrent du hasard pour toutes les conditions expérimentales, à l'exception du % de BR obtenu en condition Fixation lorsque les visages sont présentés en Haut pour les personnes âgées, la différence étant alors marginale.

A		norme	M	σ	n	t	ddl	p
FIXATION	HAUT	50	69,16	11,64	32	9,31	31	<.001
	BAS	50	68,07	12,61	32	8,10	31	<.001
	GAUCHE	50	74,95	13,33	32	10,59	31	<.001
	DROITE	50	76,34	12,38	32	12,03	31	<.001
SACCADE	HAUT	50	76,16	15,05	32	9,83	31	<.001
	BAS	50	78,81	12,71	32	12,82	31	<.001
	GAUCHE	50	83,13	11,03	32	16,98	31	<.001
	DROITE	50	81,41	13,88	32	12,80	31	<.001

B		norme	M	σ	n	t	ddl	p
FIXATION	HAUT	50	62,23	19,21	11	2,11	10	.06
	BAS	50	66,55	15,75	11	3,48	10	<.001
	GAUCHE	50	63,30	14,44	11	3,06	10	<.05
	DROITE	50	59,42	8,69	11	3,59	10	<.001
SACCADE	HAUT	50	72,14	15,82	11	4,64	10	<.001
	BAS	50	73,36	12,14	11	6,38	10	<.001
	GAUCHE	50	80,02	19,94	11	4,99	10	<.001
	DROITE	50	66,67	19,23	11	2,87	10	<.05

Tableau 1 : Valeurs moyennes des % de BR des participants jeunes (A) et âgés (B) en fonction des différentes conditions expérimentales, accompagnées des analyses réalisées à l'aide du t de Student.

Tous participants confondus, le % de BR est de $73,95 \pm 6,51$ %. Il n'est affecté ni par la main de réponse ($F < 1$) ni par le genre des participants ($F < 1$).

Toutes conditions confondues, le % de BR est plus élevé de 8 % chez les jeunes adultes que chez les participants âgés ($F_{(1,35)} = 18,38$; $p < .001$). Dans l'ensemble, l'exécution d'une saccade améliore le % de BR de 8 % ($F_{(1,35)} = 41,29$; $p < .001$). Ces deux résultats sont présentés sur la figure 13.

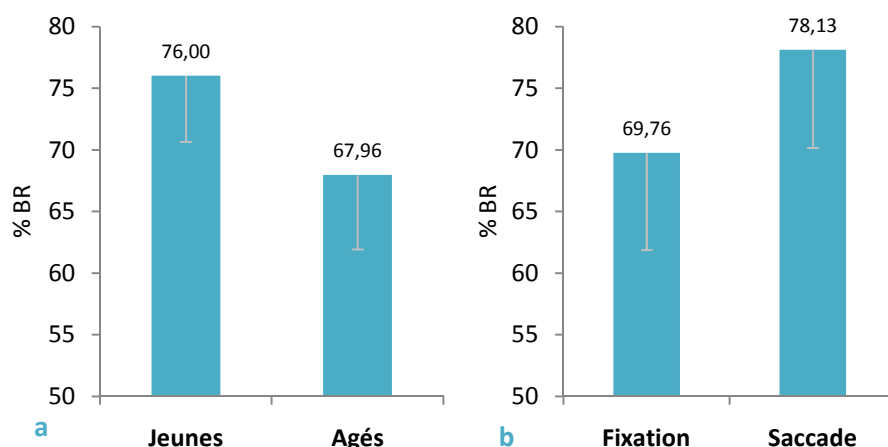


Figure 13 : Pourcentage de bonnes réponses (% de BR) moyen selon le groupe d'âge des participants (a) (Jeunes et Âgés) et selon la condition saccadique (b) (Fixation et Saccade).

Si globalement, la position de présentation du visage n'a qu'un effet marginal sur le % de BR ($F_{(3,105)} = 2,39$; $p = .07$), on observe des variations du % de BR en fonction de ce facteur, dont certaines atteignent le seuil de signification statistique lorsqu'on effectue des comparaisons planifiées. Ainsi, c'est lorsque le visage est présenté à Gauche que le % de BR est le plus important. Néanmoins, ce n'est que lorsqu'on compare la présentation à Gauche et en Haut que le % de BR est plus élevé lorsque le visage est présenté à Gauche ($F_{(1,35)} = 4,96$; $p < .05$). Lorsque la comparaison porte sur la présentation à Droite, la différence observée n'est pas statistiquement significative ($F_{(1,35)} = 2,73$; ns). De même, le % de BR ne diffère pas, que le visage soit présenté à Gauche ou en Bas ($F_{(1,35)} = 2,53$; ns).

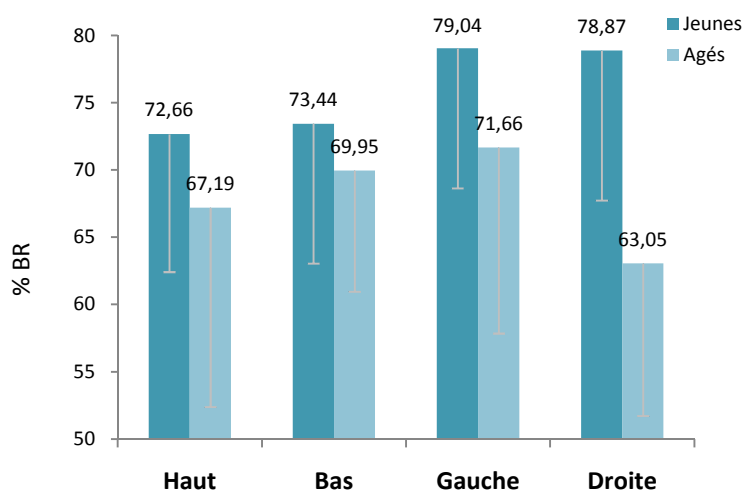


Figure 14 : Pourcentage de bonnes réponses en fonction de la position de présentation et de l'âge des participants.

Par ailleurs, l'interaction entre la position de présentation des visages et le groupe d'âge des participants a un effet marginal ($F_{(3,105)} = 2,21$; $p = .09$; voir figure 14), ce qui traduit le fait que, même si le % de BR est toujours plus élevé chez les jeunes adultes que chez les âgés, ce n'est que lorsque les visages sont présentés à Droite que cette différence (de 15%) est statistiquement significative ($F_{(1,35)} = 12,01$; $p < .001$). Pour les autres positions, cette différence est moindre : elle est de 8 % lorsque les visages sont présentés à Gauche ($F_{(1,35)} = 2,71$; ns), de plus de 5% lorsque les visages sont présentés en Haut et d'environ 4% lorsqu'ils sont présentés en Bas (respectivement $F_{(1,35)} = 1,39$; ns et $F_{(1,35)} = 1,87$; ns).

Par ailleurs, si les jeunes adultes témoignent d'un % de BR similaire que le visage soit présenté à Gauche ou à Droite ($F < 1$), et ce dans les deux conditions (Fixation : $F < 1$ et Saccade : $F < 1$), chez les personnes âgées, le % de BR est plus élevé lorsque le visage est présenté à Gauche que lorsqu'il est présenté à Droite (9 % de différence), cette différence étant proche du seuil de signification statistique ($F_{(1,35)} = 3,44$; $p = .07$). Bien que la position Droite induise les plus faibles performances parmi toutes les positions de présentation, le % de BR pour cette position

ne diffère pas significativement de la position Haut et Bas ($F < 1$). Toutefois, cette différence entre ces deux positions de présentation n'est significative que lors de l'exécution d'une saccade ($F_{(1,35)} = 4,57$; $p < .05$). En condition Fixation, les performances aux positions Droite et Gauche sont comparables ($F < 1$).

Le % de BR des participants jeunes comme âgés s'améliore avec l'exécution d'une saccade (respectivement : $F_{(1,35)} = 26,33$; $p < .001$ et $F_{(1,35)} = 15,20$; $p < .001$).

Le facteur condition saccadique interagit avec la main de réponse ($F_{(1,35)} = 8,07$; $p < .01$). Cette interaction se traduit par le fait que, lorsqu'une saccade est autorisée, le % de BR est semblable pour les réponses données de la main gauche et droite (différence de 4%, $F_{(1,35)} = 1,86$; ns), tandis qu'en condition Fixation, de meilleures performances sont observées lorsque les réponses sont données avec la main gauche cet effet étant proche du seuil de signification statistique (différence de 3%, $F_{(1,35)} = 4,05$; $p = .052$). Le % de BR est toujours supérieur en condition Saccade par rapport à la condition Fixation (main droite : $F_{(1,35)} = 35,96$; $p < .0001$ et main gauche : $F_{(1,35)} = 6,05$; $p < .05$).

Aucune autre interaction n'est observée : ni entre l'âge des participants et la condition saccadique ($F < 1$), ni entre la condition saccadique et la position de présentation des visages ($F < 1$), ni entre la condition saccadique, la position et l'âge des participants ($F < 1$).

(2) Indice Perceptif (IP) et Biais perceptif (BP)

Données générales

L'ANOVA a été réalisée à partir des données recueillies lors de la perception de visages chimériques. Dans cette analyse ont été inclus les facteurs secondaires contrebalancés Main de réponse (main Droite et main Gauche) et Genre (Homme et Femme), ainsi que les facteurs principaux systématiques condition Saccadique (Fixation et Saccade), Position de présentation des visages (Haut, Bas, Gauche et Droite) et l'Âge des participants (adultes Jeunes et Agés). Les analyses ont d'abord été réalisées avec l'ensemble de ces facteurs. Dans un second temps, les facteurs secondaires ne présentant pas d'effet significatif, ni d'interaction avec aucun des facteurs principaux systématiques ont été exclus.

Notons au préalable que ni la main de réponse ($F < 1$), ni le genre des participants ($F_{(1,35)} = 1,44$; ns) n'affectent l'IP. En raison de l'absence d'effet du facteur Main de réponse et de l'absence d'interaction entre ce facteur et l'un des facteurs principaux, la Main de réponse n'a pas été incluse dans les analyses suivantes. Néanmoins, le genre interagit avec la position de

présentation des visages ($F_{(3,117)} = 3,09$; $p < .05$; cf. figure 15). Pour cette raison, ce facteur est inclus dans les analyses suivantes.

Indices perceptifs		Jeunes		Agés		M	σ
		M	σ	M	σ		
FIXATION	Haut	-0,04	0,14	0,01	0,25	-0,03	0,17
	Bas	-0,05	0,18	0,06	0,38	-0,02	0,25
	Gauche	0,05	0,20	0,01	0,23	0,04	0,21
	Droite	-0,01	0,17	-0,13	0,26	-0,04	0,20
SACCADÉ	Haut	-0,10	0,19	0,04	0,21	-0,07	0,20
	Bas	-0,06	0,17	0,01	0,10	-0,04	0,16
	Gauche	0,03	0,18	0,06	0,16	0,04	0,18
	Droite	-0,06	0,21	-0,13	0,32	-0,08	0,24
Moyenne		-0,03	0,08	-0,01	0,08	-0,03	0,08

Tableau 2 : Indices perceptifs moyens pondérés par les effectifs de chaque groupe (32 participants jeunes et 11 âgés) et leurs écart-types en fonction des différentes conditions expérimentales.

L'IP, moyenné sur l'ensemble des 43 participants ayant satisfait aux deux conditions (Fixation et Saccade) est de $-0,03 \pm 0,08$, ce qui traduit un faible BP gauche, mais différent d'une absence de biais (comparaison à 0, $t_{(42)} = -2,18$; $p < .05$). Le tableau 2 présente les différentes valeurs de l'IP en fonction des facteurs principaux : Age, Position de présentation des stimuli et Condition Saccadique. Bien que l'ANOVA ne révèle pas de différence entre les jeunes et les âgés ($F < 1$), on observe que chez les participants jeunes l'IP est de $-0,03 \pm 0,08$ ($t_{(31)} = -2,30$; $p < .05$), témoignant d'un BP gauche, et est de $-0,01 \pm 0,08$ ($t < 1$) chez les participants âgés, témoignant d'une absence de biais.

Globalement, l'IP s'accroît lorsqu'une saccade est réalisée, passant de $-0,01 \pm 0,09$ ($t_{(42)} = -1,09$; *ns*) à $-0,04 \pm 0,11$ ($t_{(42)} = -3,11$; $p < .01$), même si l'effet de la Condition Saccadique n'atteint pas le seuil de significativité statistique ($F_{(1,39)} = 1,45$; *ns*). Ce facteur n'interagit pas avec l'âge des participants.

Par ailleurs, cet IP est sensible à la position de présentation des visages ($F_{(3,117)} = 3,79$; $p < .05$) : la position Haute induit un BP gauche, dont l'IP est de $-0,05 \pm 0,15$ ($t_{(42)} = -2,2$; $p < .05$). L'IP négatif en position Basse n'est pas significativement différent de 0 ($-0,03 \pm 0,17$, $t_{(42)} = -1,12$; *ns*), même si la comparaison de ces deux IP n'est pas statistiquement significative ($F < 1$). Lorsque les visages sont présentés à Gauche, l'IP est positif ($0,04 \pm 0,15$), traduisant un BP droit marginal ($t_{(42)} = 1,7$; $p = .09$), alors que lorsqu'ils sont présentés à Droite, l'IP est négatif ($-0,06 \pm 0,16$), traduisant un BP gauche ($t_{(42)} = -2,5$; $p < .05$). Ces deux IP diffèrent significativement entre eux ($F_{(1,39)} = 11,44$; $p < .01$). Ces données suggèrent pour les positions latérales un biais

perceptif de proximité, avec un jugement opéré sur la partie la plus proche de la croix de fixation centrale.

L'interaction entre les facteurs Genre et Position de présentation traduit le fait que l'IP ne varie pas entre hommes et femmes pour les positions de présentation Haut ($F_{(1,39)} = 2,08$; ns), Gauche ($F < 1$) et Droite ($F < 1$) mais varie lorsque le visage est présenté en Bas ($F_{(1,39)} = 7,56$; $p < .01$), les hommes témoignant alors d'un IP négatif traduisant un BP gauche ($-0,10 \pm 0,14$; $t_{(21)} = -3,18$; $p < .01$), alors que les femmes présentent un IP positif, mais ne différant pas significativement de 0 ($0,04 \pm 0,15$; $t_{(22)} = 1,21$; ns).

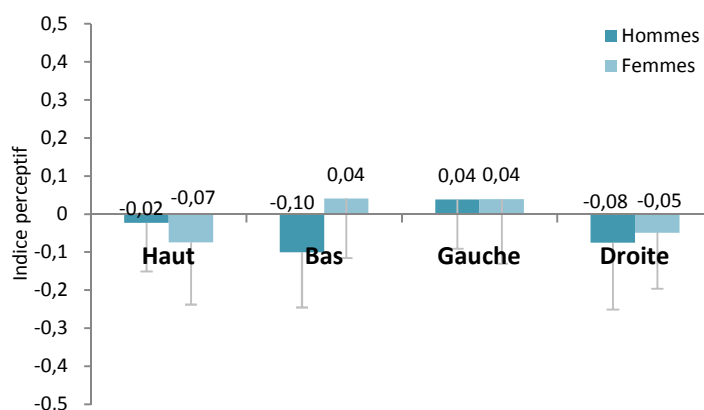


Figure 15 : Indices Perceptifs (IP) en fonction du genre des sujets et selon la position de présentation des stimuli (Haut, Bas, Gauche et Droite).

Un IP négatif indique un BP Gauche et un IP positif un BP droit.

Indice Perceptif, Biais Perceptif et âge des participants

Si le facteur Age n'interagit pas avec la Condition saccadique ($F < 1$), il interagit avec la Position de présentation ($F_{(1,39)} = 2,76$; $p < .05$) – interaction présentée sur la figure 16.

Chez les participants jeunes, les IP négatifs aux positions Haut et Bas traduisent un BP gauche (respectivement $-0,07$ ($t_{(31)} = -3,24$; $p < .01$) et $-0,05$ ($t_{(31)} = -1,95$; $p = .06$)). Ces valeurs ne diffèrent pas statistiquement ($F < 1$). Les IP diffèrent entre les positions Gauche ($0,04$ ($t_{(31)} = 1,42$; ns) et Droite ($-0,04$, $t_{(31)} = -1,73$; $p = .09$; $F_{(1,39)} = 4,22$; $p < .05$). L'IP pour la position Gauche diffère de ceux relevés en positions Haut et Bas ($F_{(1,39)} = 11,49$; $p < .05$), tandis que l'IP pour la position Droite ne diffère pas statistiquement de celui pour les deux positions Haut et Bas ($F < 1$).

Chez les participants âgés, les IP ne diffèrent pas de 0 et sont comparables que le visage soit présenté en Haut, en Bas ou à Gauche (respectivement $0,02$, $0,04$ et $0,04$; tous les $t < 1$ et les $F < 1$), indiquant une absence de BP (cf. figure 16). Néanmoins, la position Droite induit un IP négatif ($-0,13$) traduisant alors une tendance marginale à un BP gauche, statistiquement différent des autres positions de présentation ($t_{(10)} = -1,87$; $p = .09$; $F_{(1,39)} = 7,39$; $p < .001$).

comparé à la position Gauche ; $F_{(1,39)} = 6,03$; $p < .05$ comparé à la position Basse et $F_{(1,39)} = 6,97$; $p < .05$ comparé à la position Haute).

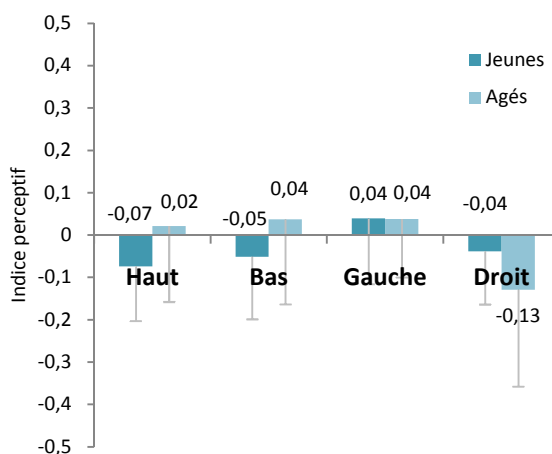


Figure 16 : Indices perceptifs en fonction du groupe d'âge des participants (jeune et âgé) et de la position de présentation des visages (Haut, Bas, à Gauche, à Droite). Un IP négatif indique un BP gauche et un IP positif – un BP droit.

Enfin, les IP sont similaires entre les deux groupes de participants pour les positions Bas, Gauche et Droite (respectivement : $F_{(1,39)} = 2,36$; ns ; $F < 1$ et $F_{(1,39)} = 2,87$; ns), et est proche du seuil de signification statistique pour la position Haut ($F_{(1,39)} = 4,01$; $p = .05$).

Bien qu'il n'existe pas d'interaction entre les facteurs Condition saccadique et Position ($F < 1$), tout comme entre les facteurs Age, Position et Condition saccadique ($F < 1$), il nous semble intéressant d'étudier les différents IP observés pour les différentes conditions par groupe d'âge.

Chez les participants jeunes (cf. tableau 2), en condition Fixation les IP aux différentes positions de présentation ne diffèrent pas de 0 (Haut : $t_{(31)} = -1,75$; $p = .09$; Bas : $t_{(31)} = -1,44$; ns ; Gauche : $t_{(31)} = 1,30$; ns et Droite : $t < 1$). La différence de l'IP par rapport à 0 lors de la première saccade n'est statistiquement significative que lorsque le visage est présenté en Haut ($-0,10$; $t_{(31)} = -3,17$; $p < .01$) ; elle s'approche du seuil de signification statistique lorsque le visage est présenté en Bas ($-0,06$; $t_{(31)} = -1,80$; $p = .08$) ou à Droite ($-0,06$; $t_{(31)} = -1,72$; $p = .09$). Pour la position Gauche, bien que positif, l'IP ne diffère pas significativement de 0 ($0,03$; $t < 1$).

Chez les participants âgés (cf. tableau 2), en condition Fixation, les IP aux différentes positions de présentation ne diffèrent pas de 0 (Haut, Bas et Gauche : $t < 1$ et Droite : $t_{(10)} = -1,63$; ns). Lors de l'exécution d'une saccade, les IP des positions de présentation Haut ($0,04$) et Bas ($0,01$) ne diffèrent également pas significativement de 0 ($t < 1$). Enfin, l'IP positif ($0,06$) observé lorsque le visage est présenté à Gauche ne diffère pas de 0 ($t_{(10)} = 1,32$; ns), tout comme l'IP négatif ($-0,13$) lorsque le visage est présenté à Droite ($t_{(10)} = -1,35$; ns).

Répartition des participants selon leur Biais Perceptif : Gauche, Droit ou absent

Les participants de cette étude ne présentant pas un profil de réponses identique, leurs données ont été réparties en trois catégories : IP négatif (BP gauche), IP positif (BP droit) et IP nul (pas de BP) afin de comparer la répartition des participants selon ces trois catégories à une répartition théorique aléatoire (cf. tableau 3.A et 3.B). Compte tenu de l'absence d'effet global du Groupe d'âge sur cet indice et de la faiblesse de l'échantillon du groupe des âgés, les données des participants jeunes et âgés ont été regroupées. La répartition des IP (et donc des BP) des participants n'est pas aléatoire pour plusieurs des conditions expérimentales. Ainsi, en condition Fixation, lorsque les visages sont présentés à Droite, un nombre important de participants (différant d'une répartition théorique aléatoire) ne présente pas de BP ($n = 14$; $\chi^2_{(2)} = 16,26$; $p < .001$). Il en est de même pour la répartition des participants en condition Saccade lorsque les visages sont présentés en Bas ($n = 13$; $\chi^2_{(2)} = 9,20$; $p < .05$). Enfin, ce n'est que lors de la présentation des visages à Droite en condition Saccade qu'un nombre important de participants (supérieur à celui d'une répartition théorique aléatoire) présente un BP gauche ($n = 23$; $\chi^2_{(2)} = 7,02$; $p < .05$).

A	FIXATION				SACCADE			
	Haut	Bas	Gauche	Droite	Haut	Bas	Gauche	Droite
BPG	18,54	18,94	18,54	18,79	18,77	18,46	18,61	18,91
BPD	18,54	18,94	18,54	18,79	18,77	18,46	18,61	18,91
BP=0	5,92	5,12	5,93	5,41	5,46	6,07	5,77	5,17

B	FIXATION				SACCADE			
	Haut	Bas	Gauche	Droite	Haut	Bas	Gauche	Droite
BPG	18	24	16	17	25	15	14	23
BPD	14	15	17	12	11	15	20	11
BP=0	11	4	10	14	7	13	9	9
Khi2	5,49	2,42	3,27	16,26	5,72	9,20	3,05	7,02
p	.06	.30	.19	<.001	.06	<.05	.22	<.05

Tableau 3 : Effectifs théoriques (A) et observés (B) (nombre de participants) selon les facteurs condition Saccadique (Fixation et Saccade) et Position de présentation des visages (Haut, Bas, Gauche et Droite) tous participants confondus, ainsi que les différentes valeurs du Khi2 et le seuil p correspondant.

La figure 17 permet de visualiser cette variabilité des réponses entre les individus jeunes et leur répartition sur le continuum de l'indice perceptif (de -1 à +1).

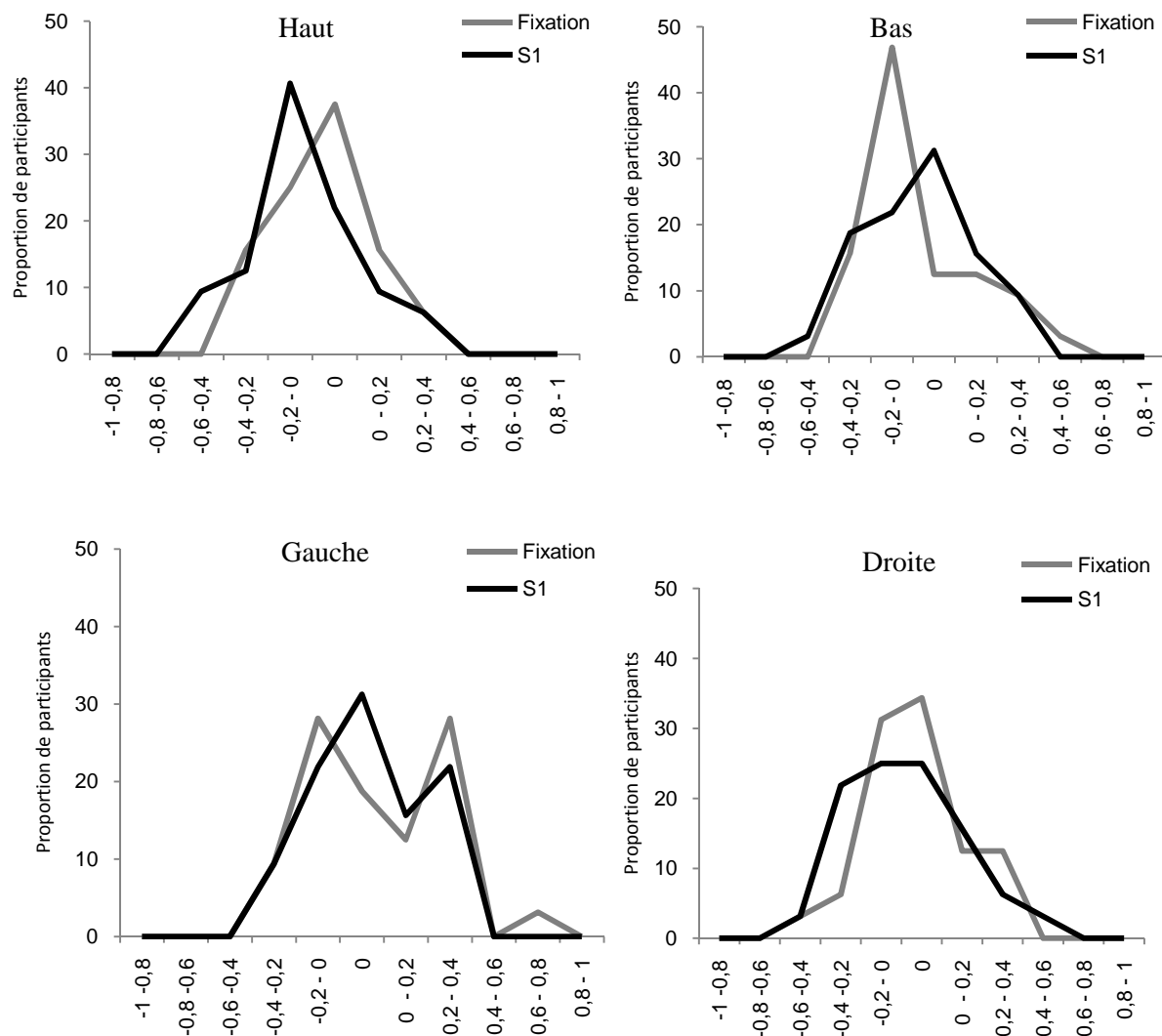


Figure 17 : Proportion des participants jeunes en fonction de l'indice perceptif selon la Condition saccadique : Fixation & S1 (Saccade).

Ainsi, un nombre important de participants jeunes présente une absence de BP, et ce pour les quatre positions de présentation des visages. Lorsque les visages sont présentés en Haut et qu'une saccade est exécutée, bien que près de 40 % de participants présentent un IP négatif, près de 20% d'entre eux présentent un IP égal à 0 et plus de 10 % un IP positif. Lors que les visages sont présentés à Gauche en condition Fixation, 30 % des participants présentent un IP positif compris entre 0,2 et 0,4, et près de 30% d'entre eux présentent un IP négatif, compris entre 0 et -0,2.

Chez les participants âgés, la figure 18 permet également de rendre compte de la variabilité des réponses et de la répartition de ces participants en fonction de l'IP. Par exemple, lors de l'exécution d'une saccade vers un visage présenté en Haut, 45% des participants présentent un IP négatif compris entre 0 et -0,2, mais 35% d'entre eux présentent un IP positif compris entre 0,2 et 0,4.

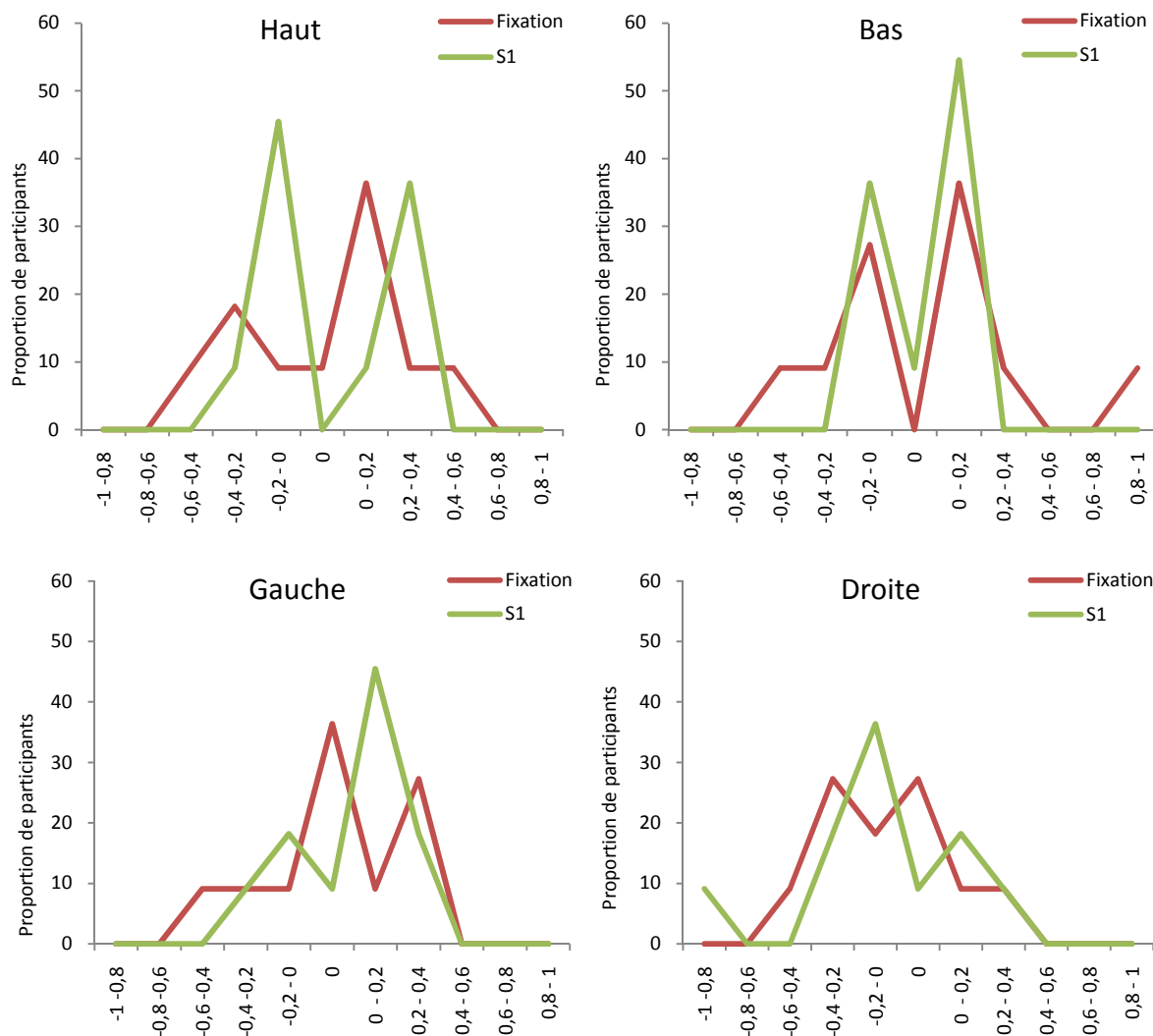


Figure 18 : Proportion des participants âgés en fonction de l'indice perceptif selon la Condition saccadique : Fixation et S1 (Saccade).

(3) Indice Oculomoteur (IO) et Biais Oculomoteur (BO)

Données générales

L'ANOVA a été réalisée avec pour facteurs principaux systématiques Âge des participants (Jeunes et Agés), type de Visage (Normal et Chimérique), Position de présentation des visages (Haut, Bas, Gauche et Droite), et pour facteurs secondaires contrebalancés la Main de réponse (main Droite et Gauche) et le Genre (Homme et Femme). Une première ANOVA été réalisée sur l'ensemble des facteurs; lorsque les facteurs secondaires ne présentaient pas d'effet global ni d'interaction avec l'un des facteurs principaux, une nouvelle analyse était effectuée, en les excluant.

Ni la main de réponse ni le genre des participants n'affectent l'IO (respectivement $F < 1$ et $F_{(1,41)} = 3,38$; $p = .07$). Ces deux facteurs n'interagissent avec aucun des facteurs principaux.

L'IO moyen, observé en condition saccade, est de $0,02 \pm 0,32$ ($t < 1$), indiquant une absence de biais oculomoteur, et est similaire ($F < 1$) pour les Visages Normaux ($0,02 \pm 0,33$) et les Visages Chimériques ($0,02 \pm 0,32$).

En revanche, l'IO varie selon le groupe d'âge des participants ($F_{(1,47)} = 5,42$; $p < .05$) : l'IO recueilli chez les âgés lorsqu'une saccade est autorisée, est positif et traduit une tendance marginale à un BO droit ($IO = 0,16$; $t_{(16)} = 1,83$; $p = .08$), tandis qu'il traduit une absence de BO chez les jeunes adultes ($IO = -0,05$; $t_{(31)} = -1,08$; ns). L'âge des participants n'interagit pas avec le type de visage ($F < 1$), ni avec la Position de présentation ($F_{(3,141)} = 1,97$; ns).

De même, l'IO varie avec la position de présentation des visages ($F_{(3,141)} = 70,44$; $p < .0001$) comme on peut le voir sur la figure 19 et le tableau 4. Il est de $0,71 \pm 0,41$ ($t_{(48)} = 12,15$; $p < .001$) lorsque les visages sont présentés à Gauche, indiquant alors un BO droit et est de $-0,73 \pm 0,46$ ($t_{(48)} = -11,30$; $p < .001$) lorsque les visages sont présentés à Droite, traduisant alors un BO gauche. Lorsque les visages sont présentés en Haut ou en Bas, les IO ne diffèrent pas significativement de 0, indiquant alors une absence de BO (respectivement $0,14 \pm 0,64$ ($t_{(48)} = 1,55$; ns) et $-0,03 \pm 0,61$ ($t < 1$)).

Indices oculomoteurs	SACCADE	Jeunes		Agés		M	σ
		M	σ	M	σ		
	Haut	0,03	0,63	0,36	0,64	0,14	0,64
	Bas	-0,16	0,58	0,21	0,62	-0,03	0,61
	Gauche	0,74	0,33	0,65	0,53	0,71	0,41
	Droite	-0,82	0,27	-0,57	0,66	-0,73	0,46
	Moyenne	-0,05	0,27	0,16	0,36		

Tableau 4 : Indices oculomoteurs moyens, pondérés par les effectifs chez les participants jeunes ($n=32$) et âgés ($n=17$) en fonction de la position de présentation des visages (Haut, Bas, Gauche & Droite).

Un IO négatif indique un BO gauche et un IO positif un BO droit.

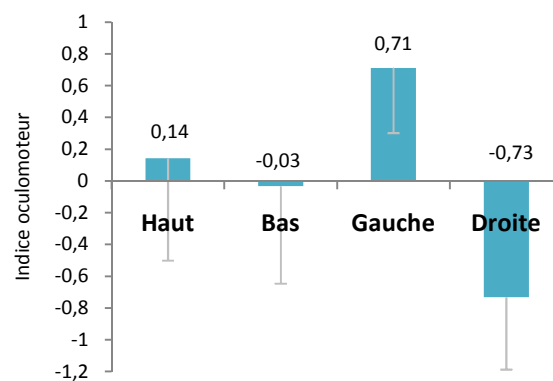


Figure 19 : Indices oculomoteurs en fonction de la position de présentation des visages pour tous les participants.

Les facteurs Visages et Position de présentation interagissent ($F_{(3,141)} = 2,72 ; p < .05$). Cette interaction se traduit par le fait que : 1) les IO sont similaires pour les deux types de visages présentés en Bas ($F < 1$), en Haut ($F < 1$) et à Gauche ($F_{(1,47)} = 1,87 ; ns$) ; 2) les visages normaux induisent un IO plus marqué que les visages chimériques lorsqu'ils sont présentés à Droite ($F_{(1,47)} = 8,30 ; p < .05$). Toutefois, dans ce dernier cas, les IO sont tous deux négatifs (-0,77 pour les visages normaux et -0,69 pour les visages chimériques). Aucune triple interaction n'est observée ($F < 1$).

Indice Oculomoteur, Biais Oculomoteur et âge des participants

Puisque la position de présentation des visages et l'âge affectent chacun l'IO, ses valeurs ont été comparées à la norme 0 en les séparant selon la position de présentation et le groupe d'âge (figure 20). Pour les deux groupes de participants, l'IO diffère de 0 lorsque le visage est présenté à Gauche, les fixations arrivant alors principalement sur la partie droite des visages, indiquant un BO droit (Jeunes : $t_{(31)} = 12,68 ; p < .001$ et Agés : $t_{(16)} = 5,03 ; p < .001$). Lorsque les visages sont présentés à Droite, les fixations arrivent surtout sur la partie gauche des visages, traduisant un BO gauche (Jeunes : $t_{(31)} = -17,08 ; p < .001$ et Agés : $t_{(16)} = -3,55 ; p < .01$). En revanche, lorsque les visages sont présentés selon l'axe vertical, l'IO diffère entre jeunes et âgés. Chez les jeunes adultes, lorsque le visage est présenté en Haut ou en Bas, l'IO ne diffère pas de 0 (respectivement $t < 1$ et $t_{(31)} = -1,55 ; ns$), traduisant le fait que la saccade oculaire arrive de manière équivalente sur les parties gauche et droite des visages. Chez les participants âgés, lorsque le visage est présenté en Haut, l'IO positif observé diffère de 0 ($t_{(16)} = 1,33 ; p < .05$), témoignant de ce que la saccade est dirigée vers la partie droite du visage, tandis que lorsque le visage est présenté en Bas, l'IO ne diffère pas de 0 ($t_{(16)} = 1,37 ; ns$).

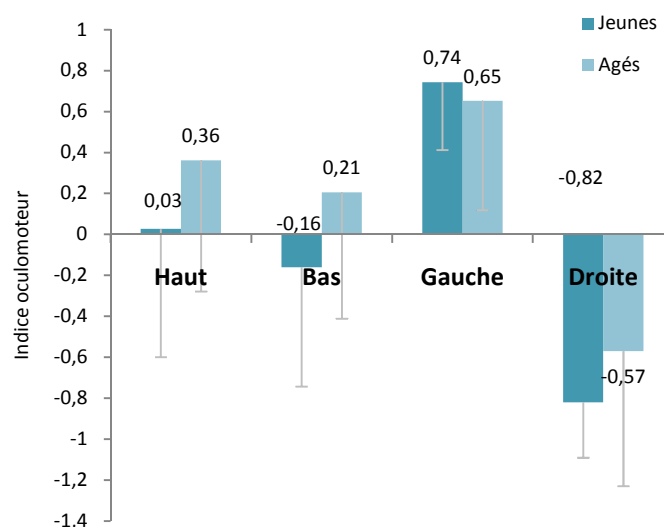


Figure 20 : Indices oculomoteurs en fonction de la position de présentation des visages et de l'âge des participants.

Répartition des participants selon leur Biais Oculomoteur : Gauche, Droit ou absent

Tous les participants de cette étude ne présentant pas un profil de réponses oculomotrice identique, leurs données ont été réparties en trois catégories : IO négatif (BO gauche), IO positif (BO droit) et IO nul (pas de BO), afin de comparer la répartition des participants selon ces trois catégories à une répartition aléatoire. La répartition théorique des effectifs, ainsi que la répartition observée, accompagnée des valeurs du test Khi2 et des valeurs du seuil p correspondant sont représentés dans les tableaux 5.A et 5.B.

Chez les jeunes adultes (cf. tableau 5), lorsque les visages sont présentés en Bas, un grand nombre de participants présentent un BO gauche ($n = 19$; $\chi^2_{(2)} = 6,94$; $p < .05$). Lorsque les visages sont présentés à Gauche, un grand nombre de participants (31) fixent la partie droite des visages (BO droit) ($n = 31$; $\chi^2_{(2)} = 38,14$; $p < .001$) ; l'inverse est observé lorsque les visages sont présentés à Droite : tous les participants jeunes fixent la partie gauche des visages, traduisant un BO gauche ($n = 32$; $\chi^2_{(2)} = 41,02$; $p < .001$). Ces profils de réponse sont représentés sur la figure 21.

A	Jeunes				Agés			
	Haut	Bas	Gauche	Droite	Haut	Bas	Gauche	Droite
BOG	13,92	13,61	13,72	14,02	7,45	7,36	7,60	7,29
BOD	13,92	13,61	13,72	14,02	7,45	7,36	7,60	7,29
BO=0	4,15	4,78	4,57	3,95	2,09	2,28	1,81	2,41

B	Jeunes				Agés			
	Haut	Bas	Gauche	Droite	Haut	Bas	Gauche	Droite
BOG	15	19	1	32	5	7	2	14
BOD	17	13	31	0	12	10	15	3
BO=0	0	0	0	0	0	0	0	0
Khi2	4,91	6,94	38,14	41,02	3,24	5,67	13,01	11,10
p	.08	<.05	<.001	<.001	.2	.06	<.05	<.05

Tableau 5 : Effectifs (nombre de participants jeunes et âgés) théoriques (A) et observés (B) présentant un BO gauche, un BO droit ou pas de BO selon les positions de présentation lors de la réalisation d'une saccade, ainsi que les valeurs du Khi2 et le seuil p correspondant.

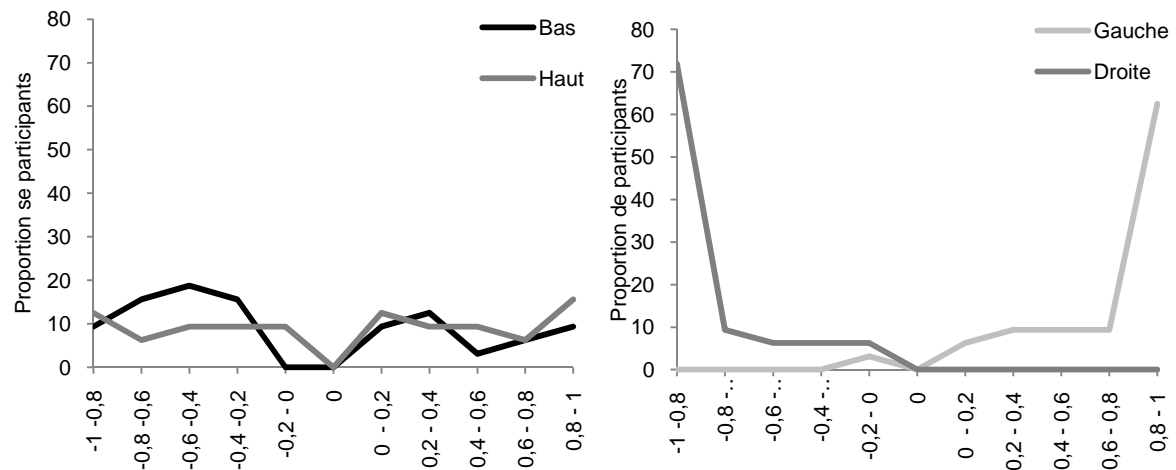


Figure 21 : Répartition des participants jeunes en fonction de la valeur de leur indice oculomoteur en fonction des positions de présentation.

Chez les participants âgés, on observe le même profil de répartition que chez les jeunes adultes lorsque les visages sont présentés sur un axe horizontal avec l'arrivée de la saccade sur la partie droite du visage présenté à Gauche ($n = 15$; $\chi^2_{(2)} = 13,01$; $p < .05$) et sur la partie gauche du visage présenté à Droite ($n = 14$; $\chi^2_{(2)} = 11,10$; $p < .05$). Seuls quelques participants présentent le profil inverse dans ces conditions. Par ailleurs, que les visages soient présentés en Haut ou en Bas, et bien qu'on observe une tendance à un plus grand nombre de participants fixant la partie droite des visages, leur répartition ne diffère pas d'une répartition aléatoire. Ces profils de réponse sont représentés sur la figure 22.

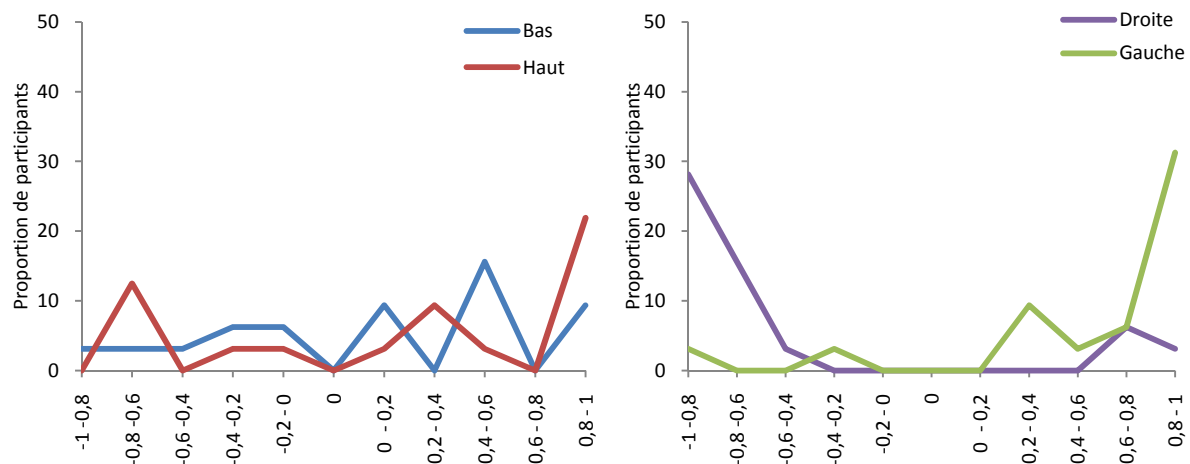


Figure 22 : Répartition des participants âgés selon la valeur de leur indice oculomoteur en fonction des positions de présentation.

(4) **Relation entre les Biais perceptif et oculomoteur**

L'ANOVA a été réalisée uniquement sur les données issues de l'exploration de visages chimériques et a porté sur les facteurs principaux âge des participants (Jeunes et Agés), indice perceptif (IP négatif et IP positif), position de présentation des visages chimériques (Haut, Bas, Gauche et Droite), ainsi que sur les facteurs secondaires contrebalancés main de réponse (main Gauche et Droite) et genre (Homme et Femme).

Dans cette partie, l'analyse a été réalisée sur les seuls visages chimériques, alors que dans la partie précédente l'analyse des IO a porté sur les réponses à tous les types de visages (normaux et chimériques). Dans ces conditions, quelques légères différences dans les résultats peuvent être observées.

La corrélation entre l'IP et l'IO – réalisée sur la base des données moyennes de chaque participant – n'indique pas de lien statistiquement significatif entre ces deux indices ($r_{IP,IO} = .10$; $R^2 = .026$; $t < 1$). Toutefois, cette analyse inclut tous les essais, sans distinction entre les réponses de type BP gauche et BP droits. Afin d'examiner plus précisément la relation entre l'IO et l'IP, pour chaque participant les données ont été séparées en deux catégories : les essais sur lesquels le participant présente un IP négatif (traduisant un BP gauche) et les essais sur lesquels le participant présente un IP positif (traduisant un BP droit). Une fois ces deux catégories formées, les données issues de l'exploration des visages pour ces deux catégories ont été analysées à l'aide d'une première ANOVA.

La main de réponse n'affecte pas l'IO ($F < 1$) et n'interagit avec aucun autre facteur principal. Pour cette raison elle a été exclue des analyses suivantes. Un effet du genre des participants étant observé ($F_{(1,40)} = 4,15$; $p < .05$), ce facteur secondaire est inclus dans les analyses suivantes. Bien que ne différant pas de 0, les Hommes présentent un IO positif ($IO = 0,11 \pm 0,3$; $t_{(23)} = 1,53$; ns), et les Femmes un IO négatif ($IO = -0,05$; $t < 1$).

L'IP n'affecte pas l'IO ($F_{(1,44)} = 1,48$; ns). Sur la Figure 23, les IO apparaissent du même ordre de grandeur quel que soit l'IP (négatif ou positif), et ce, pour les quatre positions de présentation des stimuli. Enfin, ce facteur n'interagit ni avec l'âge des participants ($F < 1$), ni avec le genre ($F < 1$).

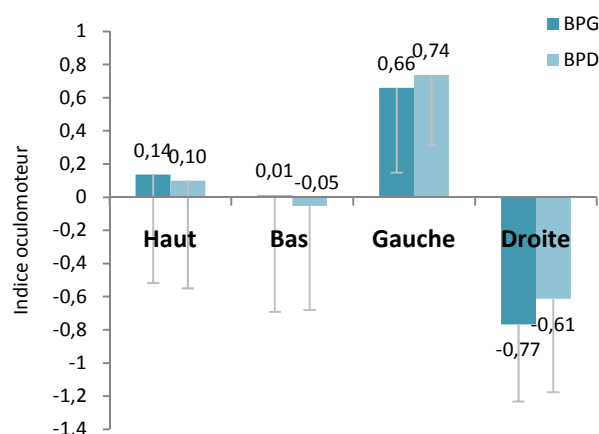


Figure 23 : Valeurs des indices oculomoteurs en fonction de la position de présentation pour les réponses perceptives gauche (BPG) et droites (BPD).

Tout comme pour l'IO moyen total (issu de l'exploration des visages normaux et chimériques), un effet de la position de présentation des visages est observé ($F_{(3,132)} = 58,42$; $p < .001$; voir Figure 30). Une interaction proche du seuil de signification statistique entre la position de présentation des visages et l'âge des participants est également observée ($F_{(3,132)} = 2,66$; $p = .051$; voir Figure 24). Cet effet étant similaire à celui observé et décrit dans la partie précédente, il ne sera pas décrit plus en détail ici. Une interaction entre la position de présentation des visages et le type de réponse perceptive apparaît (BP) ($F_{(3,132)} = 3,03$; $p < .05$; Figure 30). Toutefois, les comparaisons planifiées indiquent que cette interaction est liée à la différence entre les IO pour la présentation Droite des visages chimériques. En effet, lorsque les réponses sont basées sur la partie gauche des visages (BP gauche), l'IO est plus marqué (IO = -0,77) que lorsque les réponses sont basées sur la partie droite (BP droit) (IO = -0,61 ; $F_{(1,44)} = 4,66$; $p < .05$). Enfin, on ne note pas de triple interaction entre les différents facteurs ($F < 1$).

L'IO issu de l'exploration des visages chimériques est affecté par l'âge des participants ($F_{(1,44)} = 6,89$; $p < .05$). Les jeunes adultes ne présentent pas d'IO moyen significativement différent de 0 ($-0,05 \pm 0,28$; $t_{(31)} = -1,02$; *ns*), tandis que les adultes âgés présentent un IO moyen positif, traduisant un BO droit ($0,18 \pm 0,35$; $t_{(16)} = 2,13$; $p < .05$). Le facteur Genre interagit avec le groupe d'âge des participants ($F_{(1,40)} = 4,14$; $p < .05$). Seul l'IO observé chez les hommes âgés diffère significativement de 0, indiquant alors un BO droit (IO = $0,37 \pm 0,31$; $t_{(8)} = 3,31$; $p < .05$), différent de l'IO observé chez les hommes jeunes (IO = $-0,02 \pm 0,28$; $t < 1$; $F_{(1,40)} = 13,13$; $p < .01$). Au contraire, les femmes jeunes et âgées présentent des valeurs d'IO similaires, ne différant pas de 0 (respectivement : $-0,07 \pm 0,27$; $t_{(16)} = -1,12$; *ns* ; et $0,01 \pm 0,28$; $t < 1$; $F < 1$). Les IO des participants jeunes sont similaires ($F < 1$), alors qu'ils diffèrent entre les âgés ($F_{(1,40)} = 8,97$; $p < .01$).

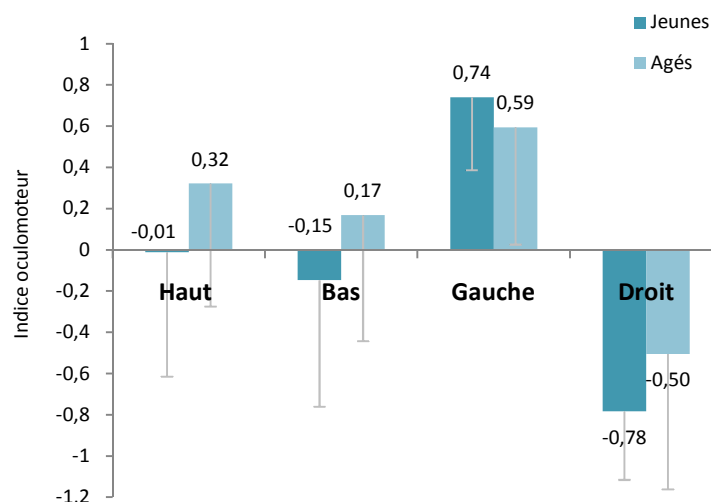


Figure 24 : Indices oculomoteurs en fonction de la position de présentation des visages et de l'âge des participants.

(5) Paramètres saccadiques

(a) Position d'arrivée de la saccade

L'ANOVA a été effectuée sur la base des données issues de l'exploration des visages normaux et chimériques. Elle portait sur les facteurs âge des participants (Jeune et Agé), type de visage (Normal et Chimérique), position de présentation des visages (Haut, Bas, Gauche et Droit), ainsi que les facteurs secondaires main de réponse (Gauche et Droite) et genre (Homme et Femme).

L'IO (traduisant le BO) fournit des informations concernant l'hémi-visage sur lequel la saccade arrive, mais ne donne pas d'indication sur la localisation exacte de la première fixation au sein du visage. La coordonnée X moyenne normalisée par rapport au plan vertical médian des visages a été calculée pour chaque position de présentation afin de mesurer l'ampleur du déplacement de l'œil par rapport au centre de l'image. Une coordonnée X négative indique une position d'arrivée située à gauche du centre du visage observé, alors qu'une coordonnée X positive indique une position d'arrivée située à droite du centre du visage observé. Enfin, ces coordonnées moyennes ont été converties en degrés.

La main de réponse n'affecte pas la position d'arrivée ($F < 1$), tout comme le genre des participants ($F < 1$). En raison de cette absence d'effet et de l'absence d'interaction entre ces facteurs secondaires et les facteurs principaux, ils ont été retirés des analyses suivantes.

Un effet du groupe d'âge émerge de façon marginale ($F_{(1,47)} = 3,30$; $p = .07$). Les saccades des adultes âgés ont tendance à arriver au centre, du côté droit des visages ($0,12^\circ \pm 0,71^\circ$), alors que celles des adultes jeunes arrivent autour du centre, légèrement à gauche ($-0,03^\circ \pm 0,69^\circ$). Le type de visage n'affecte pas la position d'arrivée ($F < 1$), et n'interagit pas avec l'âge des

participants ($F < 1$). La position de présentation des visages fait varier la position d'arrivée de la première saccade au sein du visage ($F_{(3,141)} = 100,50$; $p < .001$), sans interagir avec le type de visage ($F < 1$). Les positions Haut et Bas induisent des positions d'arrivées similaires proches du centre (respectivement $0,09 \pm 0,31^\circ$ et $0,01 \pm 0,42^\circ$; $F_{(1,47)} = 1,22$; ns). Les positions Gauche et Droite induisent des positions d'arrivée plus éloignées (respectivement $0,91 \pm 0,70^\circ$ et $-0,93 \pm 0,60^\circ$; $F_{(1,47)} = 115,46$; $p < .001$). Les différences entre les positions d'arrivée lorsque le visage est présenté à Gauche et les positions d'arrivée lorsque le visage est présenté sur un axe vertical (Haut et Bas) sont statistiquement significatives ($F_{(1,47)} = 55,08$; $p < .001$), tout comme la différence entre la position de présentation Droite et les positions de l'axe vertical ($F_{(1,47)} = 141,41$; $p < .001$). La figure 25 permet de représenter ces positions d'arrivées respectives.

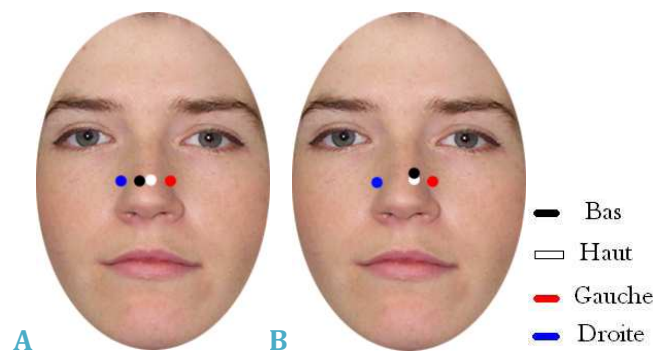


Figure 25 : Positions d'arrivée moyennes de la saccade pour les participants jeunes (A) et âgés (B) selon la position de présentation des visages.

En complément de l'analyse concernant la position d'arrivée, quatre aires d'intérêts (AI) ont été définies sur les visages : l'œil gauche, l'œil droit, le nez et la bouche et la proportion de fixations sur chaque AI a été étudiée (figure 26). Pour les visages normaux et chimériques, la plupart des fixations sont situées sur l'hémi-visage le plus proche lorsque les visages sont présentés à Gauche ou à Droite. Par exemple, lorsque les visages sont présentés à Gauche, un plus grand nombre de fixations arrive sur l'œil droit et la partie droite du nez. Lorsqu'ils sont présentés à Droite, un plus grand nombre de fixations arrive sur l'œil gauche et la partie gauche du nez. Pour une présentation en Haut, un plus grand nombre de fixations arrive sur le nez et la bouche. Cela est vrai pour les deux groupes d'âge. Enfin, lorsque les visages sont présentés en Bas, les fixations des adultes âgés arrivent principalement sur le nez et l'œil droit, alors que chez les jeunes adultes, elles se situent sur le nez et l'œil gauche.

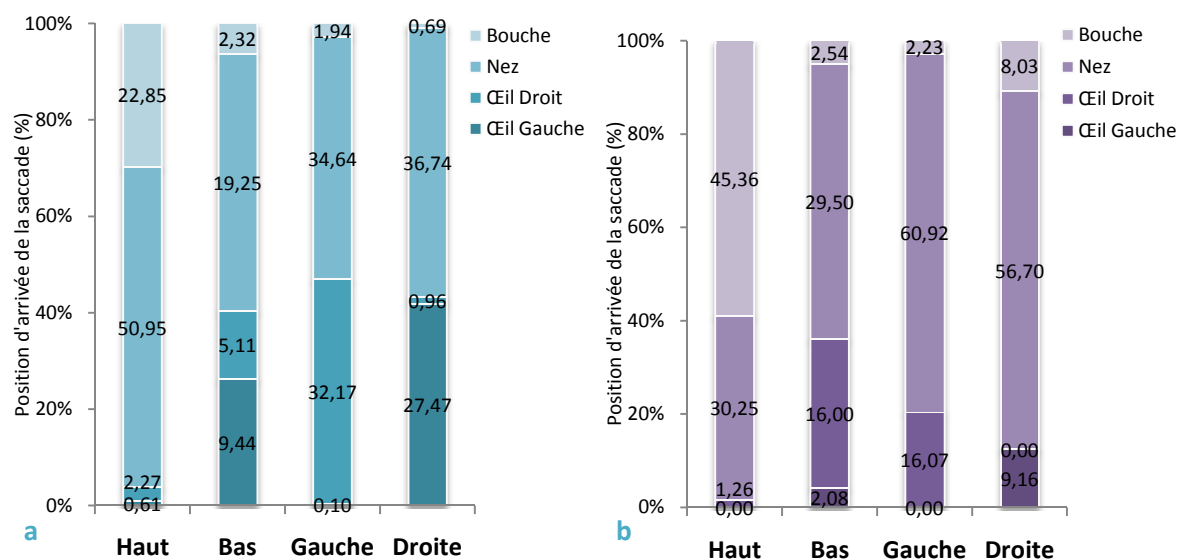


Figure 26 : Position d'arrivée de la saccade sur les différentes aires d'intérêt en fonction de la position de présentation des visages pour les participants jeunes (a) et âgés (b). Certaines fixations arrivant entre deux aires d'intérêt, la somme des positions d'arrivée n'équivaut pas à 100%.

(b) Latences

Les analyses présentées ci-dessous sont fondées sur les latences lors de l'exploration de visages normaux et chimériques. Elles portent sur les facteurs type de Visage (Normal et Chimérique), Position de présentation des visages (Haut, Bas, Gauche et Droite) et sur les facteurs secondaires contrebalancés Main de réponse (Gauche et Droite) et Genre (Hommes et Femmes).

Ni la main de réponse ($F < 1$), ni le genre des participants ($F < 1$) n'affectent les latences saccadiques. Pour cette raison, et en l'absence d'interaction entre ces facteurs et les facteurs principaux, ces deux facteurs secondaires ont été écartés des analyses suivantes.

Les latences saccadiques sont similaires, que les stimuli soient des visages chimériques ou normaux ($F < 1$).

Le groupe d'âge affecte ces latences ($F_{(1,47)} = 6,45$; $p < .05$; Figure 27.a) qui sont plus longues chez les participants âgés que chez les jeunes adultes. La latence de la saccade varie en fonction de la position de présentation du visage ($F_{(3,141)} = 6,15$; $p < .001$; Figure 27.b). C'est lorsque le visage est présenté en Bas qu'on observe la latence la plus longue, même si la différence de latences pour cette position et les autres n'est pas toujours statistiquement significative (Position Bas / Haut : $F_{(1,47)} = 1,28$; ns ; Gauche : $F_{(1,47)} = 7,35$; $p < .01$; Droite : $F_{(1,47)} = 33,09$; $p < .001$; voir figure 27.b). Par ailleurs, on observe une tendance à une latence plus longue lorsque le visage est présenté à Gauche que lorsqu'il est présenté à Droite ($F_{(1,47)} = 3,19$; $p = .08$).

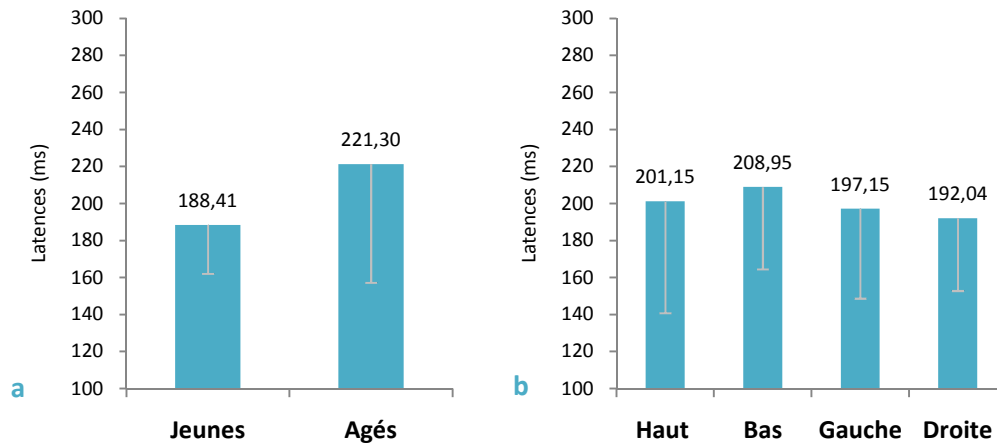


Figure 27 : Latences moyennes (exprimées en millisecondes) en fonction de l'âge des participants (a) et de la position de présentation des visages (b).

Le groupe d'âge n'interagit pas avec le type de visages ($F < 1$), ni avec la position de présentation des visages ($F_{(3,141)} = 1,84$; *ns*). Mais on observe une triple interaction entre Visages, Position de présentation et Âge ($F_{(3,141)} = 4,58$; $p < .05$). La décomposition de cette interaction à l'aide de comparaisons planifiées a permis de comparer les latences pour les visages chimériques et normaux en fonction des positions de présentation pour les deux groupes d'âge. Les seules différences significatives observées concernent les latences des participants âgés : lorsque les visages sont présentés en Haut, les latences des personnes âgées sont plus longues lors d'une saccade vers un VC, que vers un VN ($F_{(1,47)} = 11,51$; $p < .05$), alors que l'inverse est observé lorsque le visage est présenté à Gauche (les latences sont plus longues pour les VN que pour les VC ($F_{(1,47)} = 5,12$; $p < .05$)).

e) Discussion

Au cours de cette expérience, le traitement perceptif de visages (normaux et chimériques) et l'exploration oculomotrice associée ont été étudiés tout en manipulant la position de présentation des visages et le nombre de saccades oculaires autorisées (0 ou 1) lors d'une tâche de jugement de genre. Les visages étaient tous présentés en vision périphérique – en Haut, en Bas, à Gauche ou à Droite de la croix de fixation centrale. Les participants jeunes et âgés réalisaient la tâche en vision périphérique dans la condition Fixation ou effectuaient une unique saccade vers le visage (condition Saccade).

Les données issues de l'exploration des visages normaux et chimériques ont permis de mettre en évidence que ces visages étaient explorés de manière similaire (latence, position d'arrivée de la saccade et indice oculomoteur similaires).

La tâche de jugement de genre est correctement réalisée par l'ensemble des participants. En effet, le % de BR (observé sur les visages normaux) indique des scores différents du hasard pour toutes les conditions expérimentales chez les participants jeunes et âgés, à l'exception pour ce dernier groupe d'une seule condition – position Haute lors de la condition Fixation – au sein de laquelle cette différence entre le % de BR observé et le seuil du hasard est proche du seuil de signification statistique ($p = .06$). Cela peut paraître étonnant puisqu'il s'agit de la condition expérimentale utilisée dans la partie pré-expérimentale afin d'établir les durées de présentation des visages pour la condition Fixation de la phase expérimentale, tous les participants (jeunes et âgés) ayant alors atteint le seuil de 80% permettant de valider cette phase pré-expérimentale sur deux blocs consécutifs. Ce résultat pourrait être lié à un défaut d'orientation attentionnelle (Owsley et al., 2000) plus important chez les âgés. En effet, durant la phase pré-expérimentale, les visages apparaissent uniquement en haut de la croix de fixation, permettant alors aux participants d'allouer leurs ressources attentionnelles exclusivement à cet endroit. En phase expérimentale, la position de présentation unique étant remplacée par 4 positions possibles (Haut, Bas, Gauche et Droite), elle nécessite une allocation des ressources attentionnelles sur ces quatre positions, puisque les participants ne savent pas où le visage va apparaître d'un essai à un autre.

Les participants jeunes sont plus performants que les adultes âgés pour réaliser la tâche de jugement de genre. Une baisse des performances chez des adultes âgés pour le traitement des visages a été notamment documentée par Lott et al. (2005) et Leonards et al. (2002) dans le cadre de tâches de reconnaissance d'identité faciale.

Par ailleurs, un ralentissement est noté pour les participants âgés, visible sur les durées de présentation des visages définies lors de la phase pré-expérimentale et sur les latences saccadiques lors de la phase expérimentale. Les personnes âgées nécessitent en effet dès la

phase pré-expérimentale des durées de présentation plus longues pour obtenir un % de BR équivalent aux personnes jeunes. De même, dans la condition Saccade, les latences des participants âgés sont plus longues que celles des adultes jeunes avant l'initiation d'une saccade. Ces deux éléments sont à mettre en lien avec le ralentissement généralisé observé au cours du vieillissement (Salthouse, 1996).

Pour ces deux groupes, l'exécution d'une saccade permet une amélioration des performances, par comparaison à la condition de vision parafovéale. Cela est cohérent avec les travaux de Vergilino-Perez et al. (2012) portant sur une tâche de décision lexicale, lors de laquelle des participants jeunes devaient réaliser un jugement sur la base d'un matériel verbal en vision parafovéale ou après avoir réalisé une saccade. Leurs performances étaient améliorées lors de l'exécution d'une saccade vers la position de présentation du stimulus, probablement en raison d'un traitement bénéficiant de l'orientation des ressources attentionnelles vers la cible. Dans notre expérience, cela peut se traduire par un traitement du visage initié dès sa présentation, reflétant ainsi un bénéfice lié à la préparation de la saccade et / ou au temps de traitement des visages plus important qu'en condition Fixation.

Parmi les quatre positions de présentation, les personnes jeunes présentent de meilleures performances lorsque les visages sont présentés en positions latérales – Gauche et Droite – avec des % de BR similaires, et ce pour les deux conditions saccadiques. En condition Fixation, nous nous attendions à un jugement de genre plus performant lorsque les visages sont présentés à gauche et donc projetés intégralement et traités préférentiellement par l'HD. En effet, des études précédentes utilisant le paradigme de présentation en champs visuels divisés (Bourne & Hole, 2006 ; Rhodes, 1985 pour une revue de la littérature) ont montré une supériorité de l'HD pour la reconnaissance des visages. Or ce n'est pas ce qui est observé ici. On peut noter toutefois, qu'une tâche de jugement de genre ne nécessite probablement pas la mise en œuvre de traitements identiques à ceux nécessaires pour effectuer une reconnaissance d'identité faciale. Ainsi, certains traits faciaux sont plus importants pour une bonne reconnaissance du genre : la distance entre les yeux et les sourcils, entre les sourcils et les cils, entre le nez et la bouche, ainsi que la longueur du menton et l'épaisseur de la lèvre inférieure (Brown & Perrett, 1993 ; Burton, Bruce & Dench, 1993). Ces différentes distances se situent dans un plan vertical. Ainsi, la réalisation de la tâche ne serait pas possible avec la mise en œuvre du seul traitement holistique, mais pourrait nécessiter également la mise en place d'un traitement analytique. Ici, les positions de présentation Haut et Bas ne permettent pas de percevoir simultanément et à la même excentricité tous les éléments cités plus tôt (par exemple, les yeux et les sourcils sont proches de la croix de fixation centrale pour la position Bas, alors que ce n'est pas le cas pour la position Haut, ces traits étant les plus éloignés de la croix de

fixation centrale). Les deux hémisphères sont alors sollicités de manière simultanée, les visages présentés en Haut et Bas étant centrés. Lors de présentations latérales (Gauche et Droite), un hémi-visage se trouve en entier dans un hémi-champ visuel, permettant ainsi de percevoir les différentes distances nécessaires pour réaliser un jugement de genre à la même excentricité. Par ailleurs, la réalisation d'une saccade se traduit par une amélioration des performances, mais l'effet de la position de présentation est alors toujours présent. Cela suggère que le traitement de visages présentés initialement à gauche ou à droite du point de fixation central est facilité pendant la fixation au sein du visage et que le traitement est initié dès la latence de la première saccade (période de fixation de la croix centrale avant d'exécuter la saccade vers le visage).

Toutes conditions confondues et en examinant en détail les performances des personnes âgées pour les différentes positions de présentation, il apparaît que les moins bonnes performances sont observées pour la position Droite. En outre, lorsqu'une comparaison des performances entre les deux groupes de participants est réalisée, cette position de présentation est la seule pour laquelle le % de BR des participants jeunes est meilleur que celui des âgés. Lorsqu'on prend en compte la condition saccadique, lors de la réalisation d'une saccade, et uniquement dans cette condition, les personnes âgées tendent à avoir de meilleures performances lorsque les visages sont présentés à Gauche que lorsqu'ils sont présentés à Droite. Cela suggère que la spécificité de l'HD pour le traitement des visages est toujours présente chez les adultes âgés, mais que l'HG pourrait être moins performant dans la réalisation d'un jugement de genre. Rappelons que la littérature rapporte que l'HG est plus fortement impliqué dans le traitement analytique des visages (Bourne, 2011 ; Cooper et al., 2007 ; Paller et al., 2000), ce qui pourrait expliquer la réduction du % de BR des personnes âgées lorsque les visages sont présentés dans leur hémi-champ visuel droit. En effet, une réduction des capacités de mise en œuvre de traitement analytique a été mise en évidence au cours du vieillissement (Chaby et al., 2011 ; Daniel & Bentin, 2012 ; Obermeyer, Kolling, Schaich, & Knopf, 2012), notamment pour le traitement des distances verticales et horizontales entre les traits faciaux. Une autre explication de ce résultat serait une certaine atrophie des fibres blanches cérébrales observée au cours du vieillissement rapportée par Cabeza (2013), atrophie qui toucherait plus fortement l'HG que l'HD (Li et al., 2009), pouvant ainsi réduire la vitesse de transfert inter-hémisphérique des informations. Ces changements peuvent alors s'inscrire dans le cadre du modèle HAROLD (Cabeza, 2002), avec une réduction de la spécificité de l'HG pour le traitement analytique.

Ainsi, chez les participants jeunes les deux hémisphères pourraient être mis à contribution pour la réalisation d'un jugement de genre, ce qui serait plus difficile chez les participants âgés.

A l'aide des visages chimériques, l'indice perceptif (IP) a été calculé, afin de savoir si un biais perceptif (BP) existait. Nous souhaitions ainsi vérifier si le BP gauche, observé lors de la perception de visages présentés centralement par Butler et al. (2005), était retrouvé en vision parafovéale et si l'exécution d'une saccade pouvait le faire émerger ou le renforcer.

Globalement, l'IP est faible, mais négatif, pour l'ensemble des participants. Cependant, seuls les participants jeunes présentent un IP négatif différent de 0, traduisant un BP gauche. Ainsi, les participants âgés ne présentent pas de BP, qu'il soit gauche ou droit, ces données sont en faveur d'une réduction des asymétries hémisphériques au cours du vieillissement.

Toutefois, étant donné que la position de présentation affecte l'IP, il est important de ne pas tirer de conclusions concernant l'ensemble des essais sans détailler les résultats complets. Chez les participants jeunes, toutes conditions saccadiques confondues, l'IP diffère significativement de 0 uniquement lorsque les visages sont présentés en Haut. Ces résultats sont cohérents avec ceux de Bava et al. (2005), Burt & Perrett (1997) et Coolican et al. (2008) ayant mis en évidence un BP gauche, d'ampleur variable selon les études et les tâches réalisées (jugement émotionnel, d'identité ou de genre). Notons néanmoins qu'il est difficile de comparer les résultats de la présente expérience aux expériences citées précédemment bien que celles-ci aient également présentés les visages aux positions Haute et Basse. En effet, ces études antérieures ne dissociaient pas de manière systématique les analyses selon la position de présentation des visages. De même, la méthode de présentation employée n'était pas la même, certaines études ayant été réalisées à l'aide de photographies chimériques présentées sur un classeur. Enfin, la présentation des visages chimériques se faisait simultanément, les participants devant juger lequel des deux visages présentés étaient le plus expressif par exemple. Par ailleurs, bien que globalement en condition Fixation aucun BP ne soit observé chez les participants jeunes, ces derniers témoignent d'une tendance à un BP de proximité pour les positions latérales. Une présentation du visage à Gauche induit plutôt une utilisation de la partie droite des visages pour effectuer le jugement de genre, alors que l'effet inverse est observé pour la présentation à Droite. Les participants utilisent donc les informations les plus proches du point de fixation central pour réaliser leur jugement. Cet effet n'est pas réellement observé chez les participants âgés, même si les valeurs de leur IP traduisent des tendances similaires.

Dès lors qu'une saccade est réalisée, les jeunes adultes affichent un faible BP gauche, effet non observé chez les adultes âgés. Ce dernier point suggère que l'apparition d'un BP nécessiterait, chez les participants âgés, un temps d'exposition aux visages plus important que chez les jeunes adultes, comme l'ont déjà indiqué Butler et al. (2008).

Il est important toutefois de souligner le fait que l'IP, et donc le BP qui en découle, est faible. Par ailleurs, bien qu'un certain nombre de participants présente un BP gauche, une

proportion non négligeable présente un BP droit ou ne présente pas de BP. Jusqu'à présent et à notre connaissance, seules deux études (Moreno et al., 1990 ; Yovel et al., 2008) ont évoqué une absence de BP chez certains de leurs participants. Ces données issues de la littérature, ainsi que celles présentées dans ce travail reflètent donc une variabilité interindividuelle importante, indiquant que le BP ne devrait pas être interprété sans prendre en compte ces différences individuelles. En effet, l'ampleur du BP moyen dépend de l'ampleur des BP individuels : certains participants présentant un fort BP pourraient artificiellement accroître le BP moyen de manière suffisante pour qu'il diffère significativement de 0, sans refléter pour autant les réponses perceptives de chaque participant de l'échantillon. Cela pourrait expliquer le fait que nous ne mettions pas clairement en évidence de BP pour toutes les conditions, comme dans certaines études précédentes.

L'indice oculomoteur (IO), traduisant le BO, indique que pour les deux groupes d'âge, la saccade a tendance à arriver sur la partie du visage la plus proche du point de fixation central lorsque les visages sont présentés à Droite et à Gauche, ce qui peut s'apparenter à un BO de proximité. Une différence liée à l'âge est observée dans le cas des positions situées sur un axe vertical. Les saccades des participants âgés arrivent plus fréquemment sur la partie droite des visages lorsque ceux-ci sont présentés en Haut, avec une tendance à arriver également sur la partie droite lorsqu'ils sont présentés en Bas. Les participants jeunes ne témoignent pas de préférence pour une des deux parties du visage lorsque ceux-ci sont présentés en Haut ou en Bas.

Tout comme pour l'IP traduisant le BP, une certaine variabilité interindividuelle de l'IO est notée, dans son ampleur, mais également concernant la partie du visage sur laquelle la fixation arrive (partie gauche ou droite des visages) pour les positions Haut et Bas. Ainsi, chez les participants jeunes en position Basse, 59,4% d'entre eux présentent un BO gauche et 40,6% un BO droit. La répartition des participants selon leur IO diffère d'une répartition aléatoire (théorique) des effectifs. Pour cette position, la proportion de participants jeunes présentant un BO droit reste non négligeable, bien que l'IO moyen soit négatif et indique un BO gauche. Pour les positions latérales, cette variabilité est fortement réduite, la saccade de la plupart des participants arrivant sur l'hémi-visage le plus proche de la croix de fixation centrale.

Quelle que soit la position de présentation des visages, la position moyenne d'arrivée des saccades se situe autour du centre du visage, avec un léger décalage vers la position de départ de la saccade, et ce indépendamment du BP. Ce comportement oculomoteur est observé que le BP observé soit gauche ou droit. Tout comme Arizpe et al. l'ont suggéré en 2012, il semblerait que la saccade soit guidée par un effet combiné des contraintes visuelles et oculomotrices, comme l'effet du centre de gravité des visages (Bindemann et al., 2009), mais

également le phénomène de sous-visée saccadique ou hypométrie (Kapoula, 1985), plutôt que par des préférences liées aux asymétries hémisphériques. Ce phénomène constitue une des caractéristiques du système moteur saccadique. Il implique que les saccades dirigées vers des cibles proches (de 2,7 à 4,4°) ont tendance à dépasser le point d'arrivée initial (la cible), alors que les saccades dirigées vers des cibles plus éloignées (à partir de 6°), ont tendance à arriver avant la cible à fixer.

Enfin, il est important de constater que l'exploration des visages ne varie pas en fonction du biais perceptif, que ce soit pour les participants jeunes ou âgés. Ce résultat indique une absence de lien entre les deux indices (traduisant les deux biais), ce qui est d'ailleurs confirmé par l'absence de corrélation entre l'IO et l'IP. Ces données ne sont pas en accord avec l'expérience de Butler et al. (2005), lesquels ont montré une exploration des visages dépendante du biais perceptif. Toutefois, le lien qu'ils ont rapporté est subtil : lorsque leurs participants témoignaient d'un BP gauche, un nombre plus important de saccades était orienté vers la partie gauche des visages, et la durée globale de fixations sur cette partie du visage était également plus importante. Toutefois, ce lien n'a pas été observé pour les participants témoignant d'un BP droit. Nos résultats montrant que l'exploration reste similaire peu importe la réponse perceptive, cela semble indiquer que deux processus différents sous-tendent ces biais.

Toutefois, le faible BP, de même que l'absence de lien entre BP et BO, peuvent s'expliquer par le fait que l'exploration oculomotrice du visage reste limitée dans cette étude. Les participants ne peuvent en effet réaliser qu'une seule saccade vers le visage, un masque apparaissant à l'exécution de la deuxième saccade. Afin d'explorer cette hypothèse, et étant donné que la position Haute est la seule qui induit un BP gauche, l'expérience suivante inclut deux positions de présentation (Haut et Bas). Pour étudier l'éventuel accroissement du BP gauche avec le nombre de saccades, comme suggéré par Butler et al. (2006 & 2008), nous avons permis aux participants dans l'expérience suivante d'exécuter jusqu'à trois saccades consécutives. Cela permet d'étudier la possible influence du nombre de saccades réalisées (et en conséquence, la durée du temps de présentation) sur l'apparition du biais perceptif, notamment chez les adultes âgés, et sur le lien entre les IO et IP.

Influence des positions de présentation périphériques sur les biais perceptif et oculomoteur : résumé des résultats

- Les participants jeunes obtiennent un meilleur % de BR et présentent des latences plus courtes que les participants âgés ; les % de BR sont améliorés par l'exécution d'une saccade,
- Les participants jeunes réalisent mieux la tâche de jugement de genre lorsque les visages sont présentés en positions latérales – gauche et droite – alors que c'est lorsque les visages sont présentés à Gauche que les participants âgés sont plus performants,
- Globalement, une tendance à un BP de proximité est observée pour les positions latérales – un BP gauche lorsque les visages sont présentés à Droite et un BP droit lorsque les visages sont présentés à Gauche,
- Un BP gauche émerge chez les participants jeunes lors de la réalisation d'une saccade ; les participants âgés ne présentent pas de BP en condition Fixation comme en condition Saccade,
- Une certaine variabilité est notée entre tous les participants, certains d'entre eux présentant un BP droit et d'autres ne présentant pas de BP,
- L'IO diffère selon la position de présentation des visages. Pour les positions latérales, et chez l'ensemble des participants, un BO de proximité est noté ; Pour les positions verticales, la saccade des personnes âgées arrive plus souvent sur la partie droite des visages, alors qu'on ne note pas de préférence pour une des deux parties du visage chez les personnes jeunes,
- Le BP n'affecte pas le BO : ces deux biais ne sont pas corrélés.

CONTRIBUTIONS EXPERIMENTALES

EXPERIENCE 2 :

INFLUENCE DE L'EXPLORATION OCULAIRE SUR LES BIAIS PERCEPTIF ET OCULOMOTEUR

2. EXPERIENCE 2 : INFLUENCE DE L'EXPLORATION OCULAIRE SUR LES BIAIS PERCEPTIF ET OCULOMOTEUR

De nombreuses études portant sur le BP n'ont pas eu recours à l'enregistrement des mouvements oculaires au cours de la perception de visages chimériques (Bava et al., 2005 ; Burt & Perrett, 1997 ; Coolican et al., 2008 ; Rhodes, 1985). Néanmoins, les études ayant eu recours à cette technique (par exemple Butler & Harvey, 2008 ; Butler et al., 2005 ; Phillips & David, 1997) n'ont ni défini des temps d'exploration des visages similaires (respectivement 5 et 2 secondes), ni contrôlé le nombre de mouvements oculaires, et donc le nombre de fixations au sein du visage durant ce laps de temps.

Or, l'exploration oculaire d'un visage, tout comme le BP, peuvent être modulés par la méthode employée (par exemple la position de fixation initiale, voir Arizpe et al., 2012 ; Peterson & Eckstein, 2013 ; Saether et al., 2009). Ainsi, Butler & Harvey (2006) ont mis en évidence que lors de la présentation centrale de visages chimériques, un BP gauche émergeait sans que la réalisation de mouvements oculaires ne soit nécessaire. En outre, en se basant sur cette étude et une étude précédente (Butler et al., 2005), les auteurs ont conclu que le BP ne nécessitait pas l'exécution de mouvements oculaires pour apparaître, mais que ceux-ci l'accroissaient. De même, en 2008, ces mêmes auteurs ont présenté des visages chimériques à des adultes jeunes et âgés. Ils ont observé qu'un temps d'exposition aux visages plus important était nécessaire chez les personnes âgées pour l'émergence du BP (à partir de 300 ms).

Par ailleurs, lors d'une tâche de reconnaissance de visages réalisée sur des visages normaux présentés au-dessus et au-dessous d'une croix de fixation centrale, Hsiao & Cottrell (2008) ont mis en évidence que la réalisation de deux saccades (d'un temps d'exploration équivalent à 315 ms en moyenne) suffisait à de jeunes adultes à effectuer de manière optimale cette tâche.

En se basant sur ces différentes études, cette seconde expérience a offert la possibilité d'explorer les visages plus longtemps (induisant ainsi des temps de présentation des visages plus longs), afin de favoriser l'émergence d'un BP gauche chez les adultes âgés et une amplification de ce BP chez les adultes jeunes. En outre, le lien entre le BP et le BO pourrait être étudiée pour des temps d'exploration plus longs, permettant ainsi d'étudier leur relation en lien avec le nombre de saccades exécutées. Pour ce faire, des visages normaux et chimériques ont été présentés dans deux positions : au-dessus et au-dessous d'une croix de fixation centrale. Les participants devaient fixer cette croix sans effectuer de mouvements oculaires ou étaient autorisés à exécuter de une à trois saccades selon les essais, sans connaître au préalable le nombre de saccades autorisé.

Un BP gauche devrait être observé pour les deux positions de présentation, hypothèse fondée sur les données issues de la littérature utilisant des positions de présentation Haut et/ou Bas (Bava et al., 2005 ; Butler et al., 2005 ; Coolican et al., 2008 ; Megreya & Havard, 2011). En outre, une accentuation du BP gauche avec le nombre de saccades réalisées est attendue pour les deux groupes, avec toutefois un plus grand nombre de fixations au sein du visage (et par conséquent, un temps d'exposition aux visages plus important) nécessaire pour les personnes âgées pour observer l'émergence d'un BP.

Enfin, conformément aux résultats de Hsiao & Cottrell (2008), concernant les visages normaux, les participants jeunes devraient présenter de meilleures performances lors de la réalisation de deux saccades, la troisième saccade n'occasionnant pas d'amélioration sensible des performances. Outre des performances amoindries, les participants âgés devraient avoir besoin d'explorer le visage plus longtemps pour réaliser un jugement de genre optimal.

a) Participants

Seize jeunes étudiants (8 hommes et 8 femmes, $M = 23,43 \pm 2,25$ ans), ainsi que seize personnes âgées ont pris part à cette étude (8 hommes et 8 femmes, $M = 69,31 \pm 3,38$ ans). Tous les participants étaient droitiers (jeunes : $M = 93,05 \pm 5,1$ % ; âgés : $M = 94,80 \pm 5,88$ %).

b) Procédure

Au cours de cette expérience, des visages normaux et chimériques ont été utilisés. Le temps moyen de présentation des stimuli, déterminé au cours de la phase pré-expérimentale, était de $218,12 \pm 47,9$ ms pour les jeunes et de $339,06 \pm 41,36$ ms pour les âgés. Ces temps de présentation sont significativement plus longs chez les participants âgés que chez les participants jeunes ($t_{(30)} = -10,98$; $p < .001$).

Au cours de la phase expérimentale, les visages pouvaient apparaître selon 2 positions : au-dessus (Haut) ou au-dessous (Bas) de la croix de fixation centrale dans deux conditions saccadiques Fixation et Saccade (de 1 à 3 saccades autorisées selon les essais).

Chaque participant était soumis à 256 essais dont 192 en condition saccadique, se répartissant ainsi : 64 essais dans le bloc Fixation et 64 essais par sous-condition (1, 2 ou 3 saccades autorisées) dans le bloc Saccade. Tous les visages étaient présentés quatre fois au cours de l'expérience.

Les facteurs principaux systématiques (FPS) étaient : le groupe d'Âge des participants à deux modalités (A_2 : Jeunes et Agés), la Position de présentation des stimuli à 2 modalités (P_2 :

Haut ou Bas), la condition Saccadique à quatre modalités (E_4 : Fixation, une saccade, deux saccades et trois saccades) et le type de Visage, à deux modalités (V_2 : Normal ou Chimérique). Les facteurs secondaires étaient le Genre des participants (Homme et Femme) et la Main de réponse (Gauche et Droite). Le plan expérimental était le suivant :

$$S_{16} < A_2 * G_2 * M_2 > * V_2 * P_2 * E_4$$

Les variables étudiées étaient le % de BR, l'IP, l'IO, la latence, et la position d'arrivée des saccades.

c) Résultats

Sur l'ensemble des participants, 3,5% des essais ont été éliminés des analyses pour les raisons suivantes : saccades réalisées durant la condition Fixation (2,74% dont 1,92% chez les participants âgés et 0,83% chez les participants jeunes), fixation dans la condition Saccade (0,12%), saccades avec des latences très courtes (< 80ms) ou très longues (> 800 ms) (0,11%), saccades dirigées dans la mauvaise direction (0,43%) et clignements des yeux (0,10%).

(1) Le % de BR

Rappelons que le % de BR est recueilli sur les réponses fournies par les participants lors du jugement de genre effectué sur les visages normaux uniquement. L'ANOVA a été réalisée sur les facteurs principaux systématique Âge des participants (Jeunes et Agés), condition Saccadique (Fixation, une (S_1), deux (S_2) et trois (S_3) saccades), Position de présentation des visages (Haut et Bas), ainsi que sur les facteurs secondaires contrebalancés Main de réponse (Gauche et Droite) et Genre (Homme et Femme). Ces facteurs secondaires ont été exclus lors d'une seconde analyse lorsqu'ils ne présentaient pas d'effet global ou n'interagissait pas avec un des facteurs principaux systématiques.

Avant de décrire l'ANOVA réalisée sur le % de BR, une comparaison de ces % de BR à une norme - 50% - est effectuée pour les différentes conditions expérimentales et pour les deux groupes de participants. Le but de cette comparaison est de vérifier que la tâche de jugement de genre a été correctement réalisée. Ces analyses (réalisées à l'aide du t de Student) sont présentées dans les tableaux 6.A et 6.B ci-dessous. Ils indiquent que les réponses de tous les participants diffèrent du hasard pour toutes les conditions expérimentales.

	A	norme	M	σ	n	t	ddl	p
Fixation	Haut	50	69,80	12,38	16	6,39	15	<.001
	Bas	50	71,10	10,51	16	8,03	15	<.001
S1	Haut	50	84,14	12,17	16	11,27	15	<.001
	Bas	50	79,63	12,17	16	9,7	15	<.001
S2	Haut	50	82,66	12,82	16	10,19	15	<.001
	Bas	50	81,57	17,00	16	7,42	15	<.001
S3	Haut	50	87,22	10,00	16	14,88	15	<.001
	Bas	50	88,15	13,73	16	11,10	15	<.001

	B	norme	M	σ	n	t	ddl	p
Fixation	Haut	50	63,57	13,42	16,00	4,04	15	<.01
	Bas	50	58,24	13,82	16,00	2,38	15	<.05
S1	Haut	50	65,16	16,27	16,00	3,73	15	<.01
	Bas	50	73,34	16,68	16,00	5,60	15	<.001
S2	Haut	50	82,24	11,93	16,00	10,81	15	<.001
	Bas	50	74,82	13,49	16,00	7,36	15	<.001
S3	Haut	50	81,43	9,77	16,00	12,86	15	<.001
	Bas	50	74,82	13,49	16,00	7,36	15	<.001

Tableau 6 : Comparaisons des valeurs moyennes des % de BR pour les participants jeunes (A) et âgés (B) selon les conditions saccadiques (Fixation, S1, S2 et S3) et la position de présentation des visages (Haut et Bas).

Le % de BR moyenné sur l'ensemble des participants et des conditions expérimentales est de $75,84 \pm 7,01\%$.

Ni la main de réponse ($F < 1$), ni le genre des participants ($F < 1$) n'affectent le % de BR. De même, ces facteurs n'interagissent avec aucun des facteurs principaux.

La position de présentation des stimuli ($F < 1$) n'influence pas le % de BR qui est de $77,03 \pm 7,04\%$ pour la position Haut et de $75,21 \pm 10,55\%$ pour la position Bas. Le groupe d'âge influence le % de BR ($F_{(1,30)} = 17,98$; $p < .001$) : celui-ci est plus élevé chez les participants jeunes ($80,53 \pm 6,3\%$) que chez les participants âgés ($71,7 \pm 5,4\%$) et ce, sans interagir avec la condition saccadique ($F_{(3,90)} = 1,57$; ns) ou la position de présentation des stimuli ($F < 1$).

Le % de BR varie également selon les conditions saccadiques ($F_{(3,90)} = 25,33$; $p < .001$). Comme on peut le voir sur la figure 35, globalement, l'exécution d'une seule saccade permet d'améliorer sensiblement le % de BR par rapport à la condition Fixation ($65,68 \pm 8,5\%$ vs. $75,57 \pm 10,87\%$; $F_{(1,30)} = 22,69$; $p < .001$). Il augmente également lorsqu'une deuxième saccade est effectuée ($80,32 \pm 11,10\%$; S1 vs. S2 : $F_{(1,30)} = 4,78$; $p < .05$). La réalisation d'une troisième saccade n'améliore pas sensiblement ce % de BR ($82,90 \pm 11,12\%$; S2 vs. S3 : $F_{(1,30)} = 1,58$; ns). Bien que l'interaction entre le facteur Condition saccadique et le groupe d'âge ne soit pas

significative ($F_{(3,90)} = 1,57$; ns), il est intéressant de noter qu'une amélioration du % de BR entre les conditions S1 et S2 n'est présente que chez les âgés ($F_{(1,30)} = 9,10$; $p < .01$). En effet, cette différence n'est pas statistiquement significative chez les jeunes ($F < 1$). En outre, les participants jeunes témoignent d'un % de BR relativement stable entre les trois conditions saccadiques puisque la différence d'environ 5 % de la condition S2 à S3 n'atteint pas le seuil de signification statistique, même si elle s'en approche ($F_{(1,30)} = 3,68$; $p = .064$). Ainsi, comme on peut le voir sur la figure 28, il apparaît que les participants jeunes atteignent leur maximum de % de BR dès qu'ils peuvent réaliser une saccade (Fixation vs. S1 : $F_{(1,30)} = 15,17$; $p < .001$; S1 vs. S2 : $F < 1$), alors que les participants âgés n'atteignent ce maximum que lorsqu'ils peuvent effectuer une deuxième saccade, sans amélioration de leur % de BR lors de la troisième saccade (S2 vs. S3 : $F < 1$).

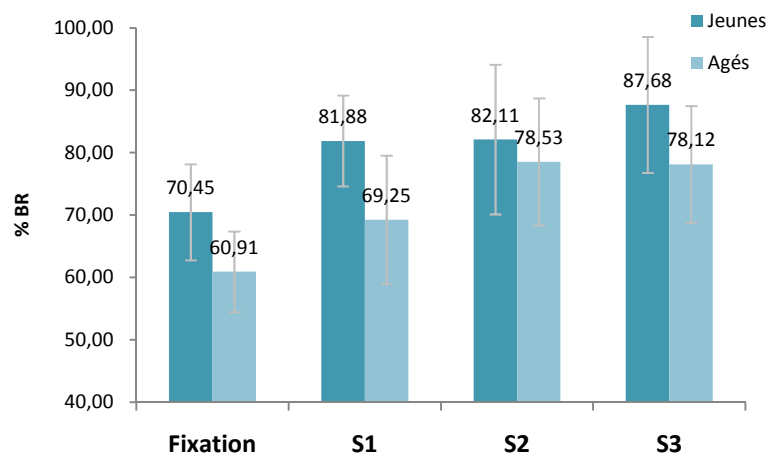


Figure 28 : % de BR en fonction du rang saccadique et de l'âge des participants, toutes positions (Haute et Basse) confondues.

Ni les facteurs Condition saccadique et Position de présentation ($F < 1$), ni l'ensemble des facteurs principaux systématiques ($F_{(3,90)} = 2,54$; $p = .061$) n'interagissent.

(2) *Indice Perceptif et Biais Perceptif*

Données générales

L'IP a été calculé uniquement sur la base des réponses fournies sur les visages chimériques. L'ANOVA a été effectuée sur les facteurs Âge des participants (Jeunes et Agés), Position de présentation des visages (Haut et Bas) et Condition saccadique (Fixation, S1, S2 et S3), ainsi que sur les facteurs secondaires contrebalancés Main de réponse (Gauche et Droite) et Genre (Homme et Femme).

Ni la main de réponse ($F_{(1,24)} = 1,61$; *ns*), ni le genre des participants ($F_{(1,24)} = 2,08$; *ns*) n'affectent l'IP. La main de réponse n'interagissant pas avec les facteurs principaux, ce facteur secondaire a été exclu des analyses suivantes. En revanche, l'interaction entre la position de présentation des visages, la condition saccadique et le genre des participants est statistiquement significative ($F_{(3,84)} = 2,97$; $p < .05$). La décomposition de cette interaction ne montre qu'une seule différence entre les Hommes et les Femmes, lorsque les visages sont présentés en Haut, lors de la troisième saccade (S3) ($F_{(3,72)} = 2,82$; $p < .05$). On observe alors un IP ne différant pas de 0 pour les Hommes ($-0,02 \pm 0,27$; $t < 1$) et un IP négatif, témoignant d'un BP gauche, différant significativement de 0 pour les Femmes ($-0,16 \pm 0,16$; $t_{(15)} = -3,97$; $p < .001$).

En moyenne, tous sujets et toutes conditions confondus, l'IP est de $-0,04 \pm 0,11$. Sa différence par rapport à zéro est proche du seuil de signification statistique ($t_{(31)} = -2,02$; $p = .052$). Ainsi, en moyenne les participants semblent utiliser la partie gauche des visages pour réaliser la tâche de jugement de genre. Bien qu'on n'observe pas d'effet global du facteur Age ($F_{(1,28)} = 1,17$; *ns*), chez les participants jeunes, l'IP est de $-0,06 \pm 0,07$ ($t_{(15)} = -3,25$; $p < .001$), témoignant alors d'un BP gauche. Chez les participants âgés, il est de $-0,02 \pm 0,13$ ($t < 1$), témoignant alors d'une absence de BP.

Néanmoins, une analyse détaillée des différents IP calculés témoigne de certaines différences limitées. Les valeurs des IP sont présentées par groupe d'âge et par condition expérimentale dans le tableau 7.

Indices perceptifs		Jeunes		Agés	
		M	σ	M	σ
Fixation	Haut	-0,03	0,20	0,03	0,13
	Bas	0,01	0,21	-0,05	0,19
S1	Haut	-0,05	0,23	-0,02	0,19
	Bas	-0,09	0,18	0,02	0,28
S2	Haut	0,03	0,26	-0,01	0,38
	Bas	-0,11	0,24	0,03	0,24
S3	Haut	-0,10	0,24	0,03	0,33
	Bas	-0,12	0,28	-0,18	0,33

Tableau 7 : Indices perceptifs moyens en fonction de l'âge des participants et des différentes conditions expérimentales.

Aucun des facteurs principaux n'a d'effet statistiquement significatif : ni la Condition saccadique ($F_{(3,84)} = 1,43$; *ns*), ni la Position de présentation des stimuli ($F_{(1,28)} = 2,01$; *ns*). En outre, aucune interaction n'est observée entre ces facteurs.

Ce n'est que lorsque trois saccades sont réalisées que l'IP augmente et diffère de zéro ($-0,09 \pm 0,22$; $t_{(31)} = -2,31$; $p < .05$). Il apparaît donc que dans cette condition les participants

basent plus souvent leur jugement de genre sur la partie gauche que sur la partie droite des visages.

Par ailleurs, toutes conditions saccadiques confondues, bien que l'IP moyen pour les deux positions de présentation soit négatif, indiquant une préférence pour la partie gauche des visages, ce n'est que lorsque le visage est présenté en Bas que cet IP ($-0,06 \pm 0,14$) diffère de 0 ($t_{(31)} = -2,39$; $p < .05$). Il est alors plus important que celui calculé pour la position Haut ($-0,02 \pm 0,13$; $t < 1$).

Indice Perceptif, Biais Perceptif et âge des participants

Lorsque les positions de présentation et la condition saccadique sont prises en compte, chez les participants jeunes une seule condition induit un IP négatif dont la différence avec 0 est proche du seuil de significativité : lorsque le visage est présenté en Bas et qu'une saccade est exécutée (IP = $-0,09 \pm 0,17$; $t_{(15)} = -2,06$; $p = .06$) (cf. Tableau 8.A). Chez les participants âgés (cf. Tableau 8.B), on observe également qu'une seule condition (S3 position Bas) induisant un IP négatif significativement différent de 0 ($t_{(15)} = -2,26$; $p < .05$). Il est important de noter toutefois, qu'il ne s'agit pas de la même condition saccadique chez les participants jeunes (Bas, S1) et âgés (Bas, S3).

	A	Norme	M	σ	n	t	ddl	p	
S1	Fixation	Haut	0	-0,03	0,20	16	-0,54	15	NS
		Bas	0	0,01	0,21	16	0,10	15	NS
	S1	Haut	0	-0,05	0,23	16	-0,96	15	NS
		Bas	0	-0,09	0,18	16	-2,06	15	.058
	S2	Haut	0	0,03	0,26	16	0,50	15	NS
		Bas	0	-0,11	0,24	16	-1,86	15	.083
	S3	Haut	0	-0,10	0,24	16	-1,73	15	.10
		Bas	0	-0,12	0,28	16	-1,66	15	NS
	B	Norme	M	σ	n	t	ddl	p	
S1	Fixation	Haut	0	0,03	0,12	16	1,06	15	NS
		Bas	0	-0,05	0,19	16	-1,01	15	NS
	S1	Haut	0	-0,02	0,19	16	-0,51	15	NS
		Bas	0	0,02	0,28	16	0,35	15	NS
	S2	Haut	0	-0,01	0,38	16	-0,11	15	NS
		Bas	0	0,03	0,24	16	0,55	15	NS
	S3	Haut	0	0,03	0,33	16	0,40	15	NS
		Bas	0	-0,18	0,32	16	-2,26	15	<.05

Tableau 8 : Analyse (t de Student) de l'Indice Perceptif en fonction de la position de présentation des visages et du nombre de saccades pour les participants jeunes (A) et âgés (B).

Répartition des participants selon leur Biais Perceptif : Gauche, Droit ou absent

Compte tenu du fait que tous les participants ne présentent pas un profil de réponses similaire, les données individuelles ont été étudiées en comparant le nombre de participants dans les diverses catégories (témoignant d'un BP gauche, d'un BP droit ou d'une absence de BP) à une répartition aléatoire. Le nombre de participants n'étant que de 16 dans chaque groupe d'âge et ce facteur n'ayant pas d'effet statistiquement significatif sur l'IP, pour augmenter la puissance du χ^2 , les deux groupes de participants ont été fusionnés pour cette analyse (Tableau 9).

A	Fixation		S1		S2		S3	
	Haut	Bas	Haut	Bas	Haut	Bas	Haut	Bas
BPG	13,78	14,08	13,92	14,20	13,98	14,43	14,08	13,82
BPD	13,78	14,08	13,92	14,20	13,98	14,43	14,08	13,82
BP=0	4,44	3,85	4,17	3,60	4,04	3,14	3,84	4,35

B	Fixation		S1		S2		S3	
	Haut	Bas	Haut	Bas	Haut	Bas	Haut	Bas
BPG	12	15	15	17	11	17	15	18
BPD	12	13	11	13	13	12	11	8
BP=0	8	4	6	2	8	3	6	6
Khi2	3,32	0,15	1,50	1,37	4,59	0,87	1,95	4,34
p	NS	NS	NS	NS	.10	NS	NS	.11

Tableau 9 : Effectifs théoriques (A) et observés (B) de la répartition des réponses perceptives (BP gauche, BP droit et absence de BP) tous participants confondus pour les conditions saccadiques (Fixation, S1, S2 et S3) et les positions de présentation (Haut et Bas).

La répartition des participants entre les différents BP observés ne diffère pas du hasard et ce, dans aucune des conditions expérimentales (voir le tableau des χ^2). Notons que lorsque trois saccades sont réalisées, si, de manière descriptive, le nombre de participants témoignant d'un BP gauche est plus élevé lorsque les stimuli sont présentés en position Haute (15) ou en position Basse (18), la répartition ne diffère pas, là encore, du hasard.

Les figures 29 et 30 présentent ces profils individuels de réponses des participants jeunes (figure 29) et âgés (figure 30), en termes de BP et de la proportion de participants le présentant. La distribution de l'échantillon se fait sur le continuum (entre -1 et 1), avec toutefois une majorité de participants jeunes et âgés situés entre -0,6 et 0,6. Lorsqu'une saccade est exécutée vers des visages présentés en Haut, près de 40% des jeunes participants présentent un IP négatif situé entre 0 et -0,2, et la même proportion présente un IP positif situé entre 0 et 0,2.

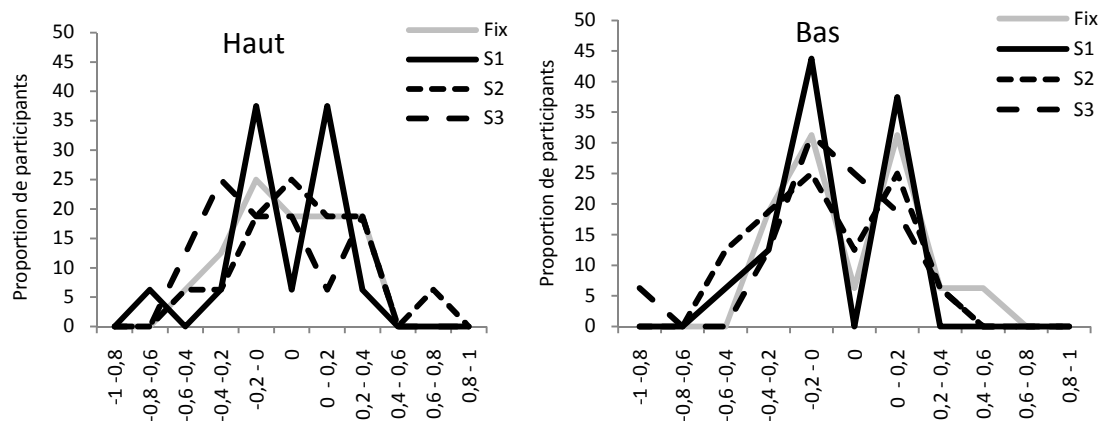


Figure 29 : Proportion de participants jeunes présentant un BP en fonction de la valeur de l'IP et de la position de présentation des visages.

Chez les participants âgés, pour cette même condition, 30% des participants présentent une absence d'IP, près de 20% un IP négatif situé entre -0,2 et -0,4 et enfin, plus de 10% présentent un IP positif situé entre 0 et 0,2.

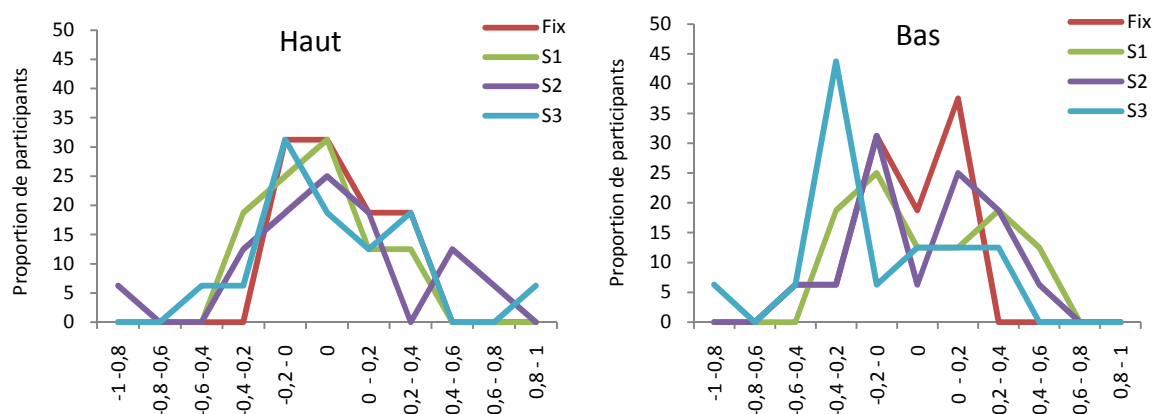


Figure 30 : Proportion de participants âgés présentant un BP en fonction de la valeur de l'IP et de la position de présentation des visages.

(3) *Indice Oculomoteur (IO) et Biais Oculomoteur (BO)*

Données générales

L'ANOVA a été réalisée sur les données issues de l'exploration oculaire des visages normaux et chimériques, avec pour facteurs principaux l'Âge des participants (jeunes et âgés), le type de Visage (Normal et Chimérique), la Position de présentation des visages (Haut et Bas), et le Rang de la saccade (1^{ère}, 2^{ème} et 3^{ème} saccade). Pour ce dernier facteur, il est important de préciser que les données de la 1^{ère} saccade sont moyennées à partir des données de la première saccade lorsque le participant en réalise une, deux ou trois. Les données de la 2^{ème} saccade sont moyennées à partir

des données de la deuxième saccade lorsque le participant en réalise deux ou trois. Enfin les données de la 3^{ème} saccade sont issues de la condition S3. L'ANOVA a également inclus les facteurs secondaires contrebalancés Main de réponse (Gauche et Droite) et Genre (Homme et Femme).

L'IO, moyenné sur l'ensemble des participants et des conditions expérimentales est de $0,12 \pm 0,40$ ($t_{(31)} = 1,74$; $p = .09$), ce qui situe la majorité des positions d'arrivée des saccades sur la partie droite des visages du point de vue de l'observateur, bien que sa valeur moyenne ne soit que marginalement différente de 0.

Indices oculomoteurs		Jeunes		Agés	
		M	σ	M	σ
1 ^{ère} S	Haut	0,34	0,59	0,36	0,57
	Bas	0,01	0,72	-0,11	0,66
2 ^{ème} S	Haut	0,32	0,75	0,21	0,72
	Bas	0,28	0,73	-0,13	0,65
3 ^{ème} S	Haut	-0,09	0,49	0,28	0,64
	Bas	-0,20	0,52	0,20	0,48

Tableau 10 : Indices oculomoteurs moyens et écart-types pour les participants jeunes et âgés en fonction des différentes conditions expérimentales : position de présentation des visages (Haut et Bas) et rang de la saccade (1^{ère}, 2^{ème} et 3^{ème} saccade).

Ni la main de réponse ($F < 1$), ni le genre des participants ($F < 1$) n'affectent l'IO. De même, le type de visage n'affecte pas l'IO ($F < 1$), tout comme l'âge ($F < 1$).

Seule la position de présentation des visages affecte significativement l'IO ($F_{(1,24)} = 9,39$; $p < .01$) qui est positif et plus important lorsque les stimuli sont présentés en Haut ($0,24 \pm 0,46$; $t_{(31)} = 2,88$; $p < .05$), témoignant alors d'un BO droit, que lorsqu'ils sont présentés en Bas ($0,01 \pm 0,44$; $t < 1$), témoignant alors d'une absence de BO. Le rang de la saccade (1^{ère}, 2^{ème} ou 3^{ème} saccade) n'affecte pas l'IO ($F < 1$).

Néanmoins, les interactions entre les effets de la position de présentation et le rang saccadique (1^{ère}, 2^{ème} ou 3^{ème} saccade) ($F_{(2,48)} = 3,89$; $p < .05$), entre le groupe d'âge et le rang saccadique ($F_{(2,48)} = 3,24$; $p < .05$), ainsi qu'entre l'âge et le genre des participants ($F_{(1,24)} = 9,71$; $p < .01$) sont statistiquement significatives.

Si les trois saccades ont tendance de manière descriptive à arriver plus souvent du côté droit du visage (respectivement : 1^{ère} S : $0,15 \pm 0,55$; $t_{(31)} = 1,54$; ns ; 2^{ème} S : $0,17 \pm 0,65$; $t_{(31)} = 1,47$; ns ; 3^{ème} S : $0,04 \pm 0,48$; $t < 1$), ce résultat diffère selon que les stimuli sont présentés en Haut ou en Bas (voir figure 31.a). En 1^{ère} S, la position Haut induit un IO positif significativement différent de 0, traduisant un BO droit, et plus important ($F_{(1,24)} = 13,94$; $p < .001$; $t_{(31)} = 3,51$; $p <$

.001) que celui observé en Bas ($t < 1$). Cette différence diminue lors de la deuxième (Haut : $t_{(31)} = 2,06$; $p < .05$; Bas : $t < 1$; $F_{(1,24)} = 3,34$; $p = .08$) et de la troisième saccade ($t < 1$ pour les deux positions ; $F < 1$). Par ailleurs, l'IO n'évolue pas d'une condition saccadique à l'autre, que les visages soient présentés en Bas ($F_{(1,24)} = 1,54$; *ns*) lorsqu'on compare l'IO dans les conditions 1^{ère} S et 2^{ème} S ; $F < 1$ lorsqu'on compare l'IO dans les conditions 2^{ème} S et 3^{ème} S) ou en Haut ($F < 1$ lorsqu'on compare l'IO des conditions 1^{ère} S et 2^{ème} S et $F_{(1,24)} = 1,41$; *ns* lorsqu'on compare l'IO des conditions 2^{ème} S et 3^{ème} S).

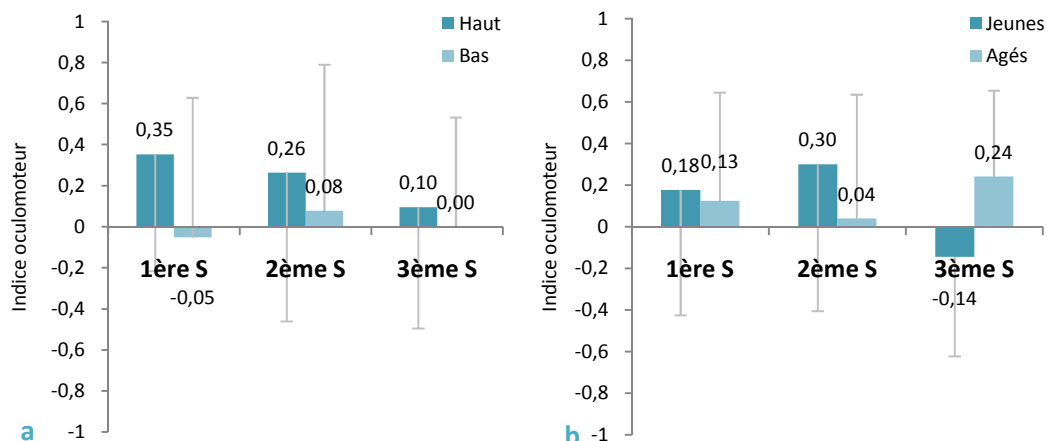


Figure 31 : Indice oculomoteur en fonction de la position de présentation et du rang saccadique pour tous les participants (a) et en fonction de l'âge des participants et du rang saccadique (b).

L'influence du groupe d'âge ne se traduit que sur la 3^{ème} saccade ($F_{(1,24)} = 6,24$; $p < .05$; figure 31.b). Lors de la réalisation de la 1^{ère} saccade, les IO positifs ne diffèrent pas statistiquement entre les deux groupes de participants ($F < 1$; jeunes : $t_{(15)} = 1,17$; *ns* & âgés : $t < 1$), tout comme lors de la réalisation de la deuxième saccade ($F_{(1,24)} = 1,48$; *ns* ; jeunes : $t_{(15)} = 1,70$; *ns* & âgés : $t < 1$). Sur la troisième saccade l'IO chez les jeunes adultes ne diffère pas significativement de 0 ($-0,14 \pm 0,47$; $t_{(15)} = -1,21$; *ns*), mais est positif témoignant d'un BO droit chez les âgés ($0,24 \pm 0,41$; $t_{(15)} = 2,34$; $p < .05$).

La figure 32 présente les données résultant de l'interaction entre Age et Genre des participants. Chez les participants jeunes, les IO ne diffèrent pas entre les hommes et les femmes ($F_{(1,24)} = 2,29$; *ns*) ; ni les hommes ($t < 1$), ni les femmes ne témoignent d'un BO ($t_{(7)} = 1,85$; $p = .10$; figure 41). Chez les participants âgés, les hommes et les femmes témoignent d'IO différents ($F_{(1,24)} = 8,36$; $p < .01$) : les hommes présentent un IO positif, témoignant d'un BO droit ($t_{(7)} = 2,77$; $p < .05$), alors que les femmes présentent un faible IO négatif, ne différant pas significativement de 0 ($t_{(7)} = -1,53$; *ns*). Les hommes âgés témoignent d'un BO droit, ce qui n'est pas le cas des hommes jeunes ($F_{(1,24)} = 5,51$; $p < .05$). Cette différence est proche du seuil de significativité pour les femmes jeunes et âgées ($F_{(1,24)} = 4,25$; $p = .05$). Toutefois, en raison du

faible nombre de participants dans chaque sous-groupe, ces résultats sont à considérer avec prudence.

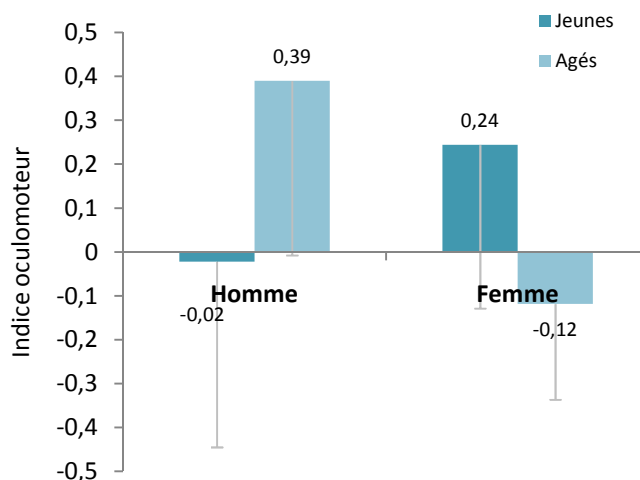


Figure 32 : Indices oculomoteurs en fonction de l'âge et du genre des participants.

L'interaction entre la position de présentation des visages, l'âge et la main de réponse des participants est significative ($F_{(1,24)} = 4,53$; $p < .05$). Elle se traduit par le fait que lorsque les stimuli sont présentés en Haut, l'IO diffère en fonction de l'âge et de la main de réponse des participants. Les adultes jeunes présentent un IO positif lors d'une réponse de la main droite, alors que l'IO est proche de 0 lors d'une réponse de la main gauche ($0,41 \pm 0,36$; $t_{(7)} = 3,17$; $p < .05$ vs. $-0,03 \pm 0,36$; $t < 1$; $F_{(1,24)} = 4,65$; $p < .05$). Lorsque les visages sont présentés en Bas, cette différence n'est pas significative (MD : $0,16 \pm 0,51$ ($t < 1$) et MG : $-0,10 \pm 0,30$ ($t < 1$) ; $F_{(1,24)} = 1,66$; ns).

Chez les personnes âgées, lorsque les visages sont présentés en Haut, ces comparaisons indiquent une tendance inverse, avec un IO positif pour les réponses fournies de la main gauche, et un IO ne différant pas de 0 de la main droite ($0,46 \pm 0,54$ ($t_{(7)} = 2,41$; $p < .05$) et $0,11 \pm 0,47$ ($t < 1$) ; $F_{(1,24)} = 3,09$; $p = .09$). Les IO présentés par les adultes jeunes et âgés ne diffèrent pas significativement, que ceux-ci répondent de la main droite ou gauche (respectivement : $F_{(1,24)} = 2,22$; ns et $F < 1$). Lorsque les visages sont présentés en Bas, les IO sont ne diffèrent pas de 0 (MD : $0,03 \pm 0,40$ ($t < 1$) et MG : $-0,06 \pm 0,54$ ($t < 1$) ; $F < 1$).

Indice Oculomoteur, Biais Oculomoteur et âge des participants

Chez les participants jeunes et âgés, la réalisation d'une première saccade induit un IO positif et différent de 0 (et donc un BO droit) lorsque les stimuli sont présentés en Haut (jeunes : $0,34 \pm 0,58$; $t_{(15)} = 2,34$; $p < .05$; âgés : $0,36 \pm 0,57$; $t_{(15)} = 2,54$; $p < .01$). Un tel BO n'est pas observé sur cette première saccade lorsque les stimuli sont présentés en Bas (jeunes : $0,01 \pm 0,71$; $t < 1$ et âgés : $-0,11 \pm 0,66$; $t < 1$).

Sur la deuxième saccade, chez les participants jeunes, les IO positifs observés pour les visages en Haut ($0,32 \pm 0,76$; $t_{(15)} = 1,69$; *ns*) ou en Bas ($0,28 \pm 0,73$; $t_{(15)} = 1,55$; *ns*) ne diffèrent pas statistiquement de 0. Chez les participants âgés, bien que ne différant également pas significativement de 0, l'IO observé lorsque les stimuli sont présentés en Haut reste positif ($0,21 \pm 0,71$; $t_{(15)} = 1,16$; *ns*), tandis qu'il est négatif lorsque les stimuli sont présentés en Bas ($-0,13 \pm 0,66$; $t < 1$).

Lors de la réalisation de la troisième saccade, chez les participants jeunes, les IO sont négatifs pour les deux positions de présentation des stimuli, même si aucune des deux valeurs ne diffère statistiquement de 0 (Haut : $-0,09 \pm 0,49$; $t < 1$ et Bas $-0,20 \pm 0,52$; $t_{(15)} = -1,52$; *ns*). Chez les participants âgés, que les stimuli soient présentés en Haut ou en Bas, les IO observés sont positifs, mais non différents de 0 (Haut : $0,28 \pm 0,64$; $t_{(15)} = 1,77$; $p = .10$ et $0,20 \pm 0,47$; $t_{(15)} = 1,69$; *ns*).

In fine, seule la position de présentation Haut lors de la réalisation de la première saccade induit un BO droit pour les deux groupes d'âge.

Répartition des participants selon leur Biais Oculomoteur : Gauche, Droit ou Absent

Compte tenu de la complexité et de la faiblesse des effets observés ainsi que des écarts-types importants de chacune des valeurs d'IO calculées, la comparaison de la répartition des participants à une répartition aléatoire a été effectuée dans chaque sous-condition. Compte tenu de l'absence d'effet global du Groupe d'âge et de la faiblesse des échantillons des deux groupes d'âge, ceux-ci ont été regroupés pour cette analyse.

Le tableau 11 présente les effectifs théoriques et observés dans chaque condition.

A	1 ^{ère} S		2 ^{ème} S		3 ^{ème} S	
	Haut	Bas	Haut	Bas	Haut	Bas
BOG	13,92	14,20	13,98	14,43	14,08	13,82
BOD	13,92	14,20	13,98	14,43	14,08	13,82
BO=0	4,17	3,60	4,04	3,14	3,84	4,35

B	1 ^{ère} S		2 ^{ème} S		3 ^{ème} S	
	Haut	Bas	Haut	Bas	Haut	Bas
BOG	12	17	12	17	13	15
BOD	20	15	20	15	18	15
BO=0	0	0	0	0	1	2
Khi2	7,09	4,20	6,91	3,62	3,27	1,47
p	<.05	NS	<.05	NS	NS	NS

Tableau 11 : Effectifs théoriques (A) et observés (B) du nombre de participants tous âges confondus selon l'IO (positif témoignant d'un BO droit et négatif témoignant d'un BO gauche) pour les différentes conditions expérimentales.

De cette analyse, il ressort que, lors de la réalisation de la première saccade et lorsque les stimuli sont présentés en Haut, la répartition des participants diffère du hasard et est caractérisée par un plus grand nombre de participants présentant un IO positif, témoignant d'un BO droit ($n = 20$; $\chi^2_{(2)} = 7,09$; $p < .05$), alors que lorsque les stimuli sont présentés en Bas, la distribution ne diffère pas du hasard (*ns*). Lors de la deuxième saccade, le même résultat est observé, à savoir un nombre non négligeable de participants présentant un IO positif, témoignant d'un BO droit ($n = 20$; $\chi^2_{(2)} = 6,91$; $p < .05$). Enfin, pour la troisième et dernière saccade, la répartition des effectifs pour chaque type de BO (droit, gauche ou aucun BO) ne diffère pas d'une répartition aléatoire pour aucune des positions de présentation.

La répartition des participants selon leur IO est visible sur les figures 33 – pour les participants jeunes – et 34 – pour les participants âgés. Quels que soient le rang saccadique et la position de présentation, la variabilité de cet IO est importante pour les deux groupes d'âge.

Lors de la réalisation de la deuxième saccade lorsque les visages sont situés en Haut, plus de 40% des participants jeunes présentent un IO positif compris entre 0,8 et 1, de même que plus de 10% de participants jeunes présentent un IO négatif situé entre -0,8 et -1.

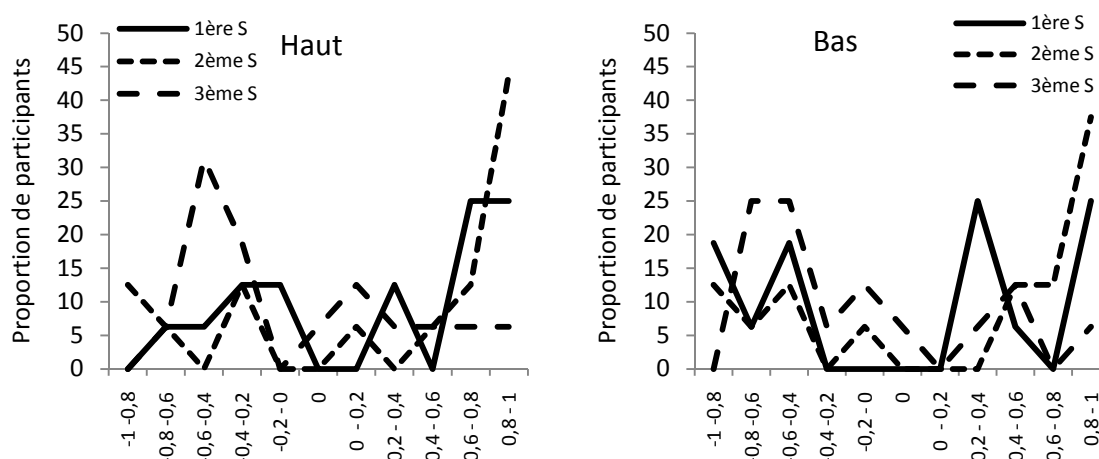


Figure 33 : Proportion de participants jeunes présentant un BO en fonction de la position de présentation et de la valeur de l'IO.

Lors de la réalisation de la première saccade vers un visage présenté en Haut, plus de 40% des participants âgés présentent un IO positif situé entre 0,8 et 1 et 25% un IO négatif compris entre 0 et -0,2 (figure 34).

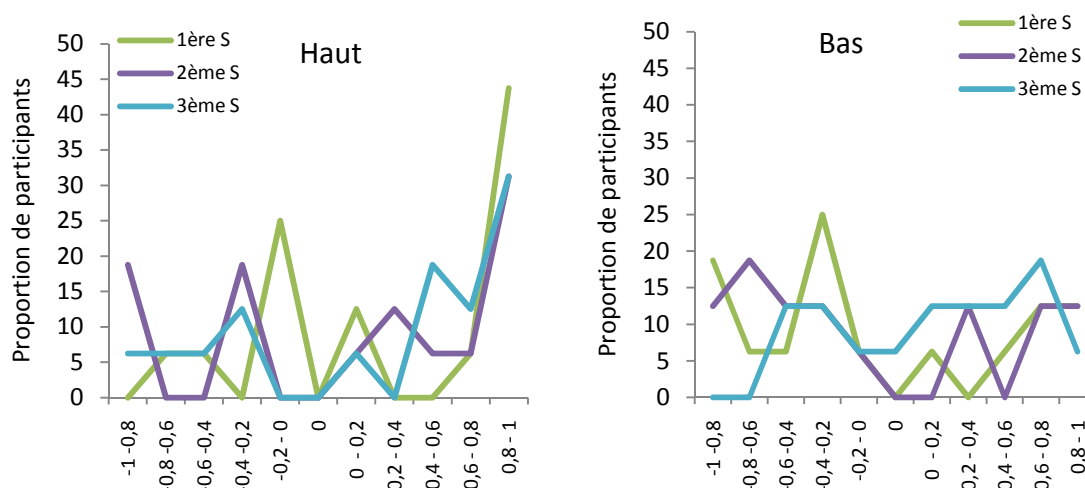


Figure 34 : Proportion de participants âgés présentant un BO en fonction de la position de présentation et de la valeur de l'IO

(4) Relation entre les Biais perceptif et oculomoteur

Les analyses ont été effectuées sur la base des données issues de l'exploration des seuls visages chimériques. Elles ont porté sur les facteurs Âge des participants (Jeune et Agé), Position de présentation des visages (Haut et Bas), Rang saccadique (1^{ère}, 2^{ème} et 3^{ème} saccade), IP (Positif et Négatif), ainsi que sur les facteurs secondaires contrebalancés Main de réponse (Gauche et Droite) et Genre (Homme et Femme).

Dans cette partie, l'analyse a été réalisée sur les seuls visages chimériques, alors que dans la partie précédente l'analyse des IO avait porté sur les réponses à tous les types de visages (normaux et chimériques). Dans ces conditions, quelques légères différences dans les résultats peuvent être observées.

Le coefficient de corrélation calculé entre l'IP et l'IO – réalisé sur la base des données moyennes de chaque participant – n'indique pas de lien statistiquement significatif entre ces deux indices pour les trois rangs de la saccade (1^{ère} saccade : $r_{IP,IO} = -0,13$; $R^2 = 0,02$; $t < 1$; 2^{ème} saccade : $r_{IP,IO} = 0,14$; $R^2 = 0,02$; $t < 1$; 3^{ème} saccade : $r_{IP,IO} = -0,11$; $R^2 = 0,01$; $t < 1$). Toutefois, cette analyse inclut tous les essais, sans distinction entre les réponses de type BP gauche et BP droits. Afin d'examiner plus précisément la relation entre l'IO et l'IP, pour chaque participant les données ont été séparées en deux catégories : les essais sur lesquels le participant présente un IP négatif (traduisant un BP gauche) et les essais sur lesquels le participant présente un IP positif (traduisant un BP droit). Une fois ces deux catégories formées, les données issues de l'exploration des visages pour ces deux catégories ont été analysées à l'aide d'une première ANOVA.

La main de réponse n'affectant pas l'IO ($F_{(1,21)} = 2,64$; ns) et n'interagissant pas avec les autres facteurs principaux, ce facteur a été exclu des analyses suivantes.

Tout d'abord, il apparaît que le BO ne varie en fonction du BP ($F_{(1,25)} = 1,44$; ns) pour aucune des conditions expérimentales (Figure 35).

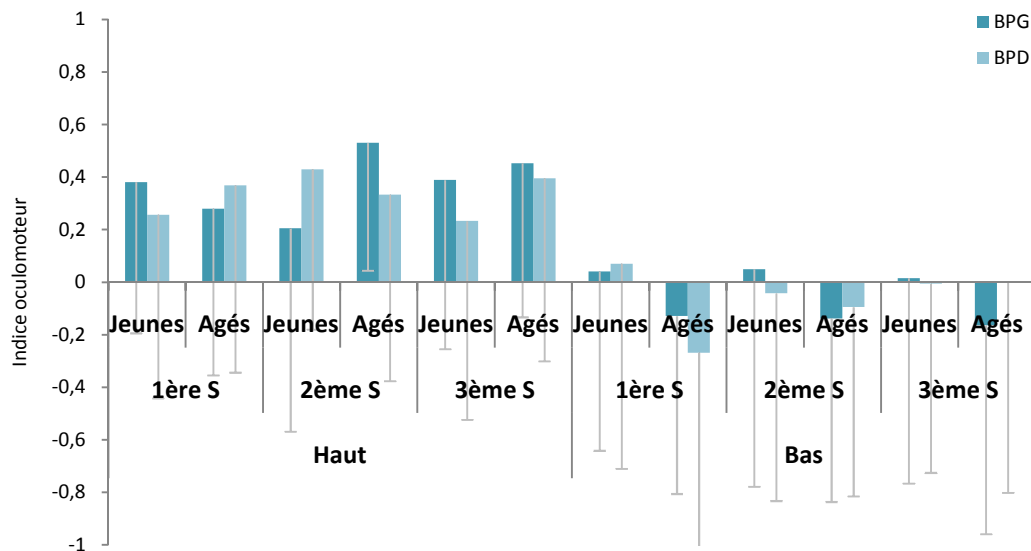


Figure 35 : Indices oculomoteurs en fonction de la position de présentation des visages et du rang saccadique pour les réponses perceptives gauches (BPG) et droites (BPD).

L'IO diffère entre les hommes et les femmes ($F_{(1,25)} = 5,37$; $p < .05$) comme on peut le voir sur la figure 36.a : plus précisément, il est présent chez les hommes ($t_{(15)} = 2,36$; $p < .05$) et absent chez les femmes ($t < 1$). La position de présentation des stimuli affecte également l'IO ($F_{(1,25)} = 9,51$; $p < .01$; voir figure 36.b), lequel est positif et diffère de 0 lorsque les stimuli sont présentés en Haut ($t_{(31)} = 3,50$; $p < .001$), et est absent lorsque les stimuli sont présentés en Bas ($t < 1$).

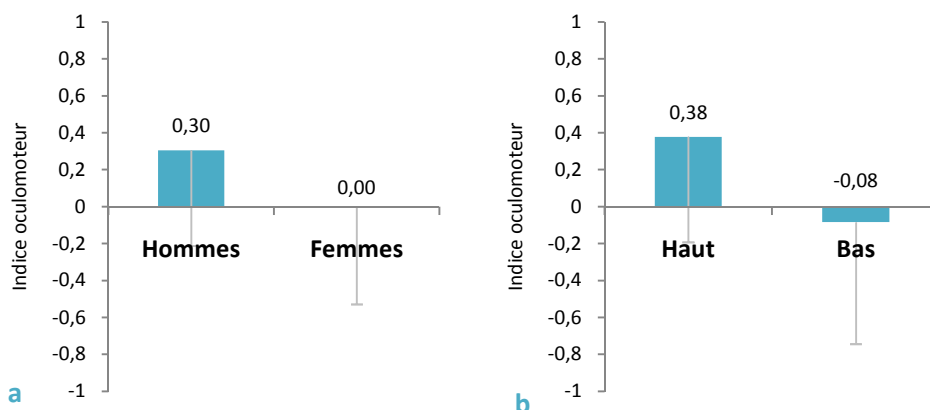


Figure 36 : Valeurs des indices oculomoteurs (visages chimériques uniquement) en fonction du genre (a) et de la position de présentation (b) des visages chimériques des participants.

Globalement, l'âge des participants ne fait pas varier l'IO ($F < 1$), mais il interagit avec le rang de la saccade et le genre des participants ($F_{(2,50)} = 3,67$; $p < .05$). Les comparaisons planifiées mettent en évidence des profils d'IO similaires entre les différentes modalités du rang saccadique, avec une seule différence chez les participants âgés. Alors que chez les jeunes adultes les IO sont positifs et semblables chez les hommes et chez les femmes pour toutes les conditions saccadiques (tous les $F < 1$), chez les âgés, les hommes présentent des IO positifs plus importants que les femmes pour toutes les conditions saccadiques (1^{ère} S : $F_{(1,25)} = 10,19$; $p < .05$; 2^{ème} S : $F_{(1,25)} = 6,54$; $p < .05$ et 3^{ème} S : $F_{(1,25)} = 7,33$; $p < .05$).

Les tableaux 12 et 13 regroupent les différents IO moyens en fonction des différentes conditions expérimentales, selon les réponses perceptives (BP).

Bien que la majorité des IO soit descriptivement positive chez les personnes jeunes quel que soit leur BP, ils ne diffèrent de 0 que dans 3 conditions (BP gauche : position Haut lors de la 1^{ère} et 3^{ème} saccade et BP droit : position Haut lors de la 2^{ème} saccade). Les autres positions n'induisent pas d'IO significativement différent de 0, donc pas de BO.

Chez les participants âgés présentant un BP gauche, lorsque les visages sont présentés en Haut, l'IO associé traduit un BO droit lors de la réalisation de la 2^{ème} et 3^{ème} saccade. Chez les personnes âgées présentant un BP droit, seule la position Haut, lorsque la 3^{ème} saccade est exécutée induit un BO droit. Les autres positions n'induisent pas d'IO significativement différent de 0, donc pas de BO.

Ainsi, ce n'est que lorsque le stimulus est présenté en Haut que l'on observe sur certaines saccades un BO droit. Par ailleurs, le BP gauche n'est jamais associé à un BO gauche, et le BP droit n'est pas associé systématiquement à un BO droit. Cela est en faveur d'une absence de lien entre ces deux biais.

Participants jeunes			norme	M	σ	n	t	ddl	p
BPG	1 ^{ère} S	H	0	0,38	0,57	16	2,65	15	<.05
		B	0	0,04	0,68	16	0,24	15	NS
	2 ^{ème} S	H	0	0,20	0,77	16	1,06	15	NS
		B	0	0,05	0,83	16	0,24	15	NS
	3 ^{ème} S	H	0	0,39	0,64	16	2,42	15	<.05
		B	0	0,02	0,78	16	0,08	15	NS
BPD	1 ^{ère} S	H	0	0,26	0,70	16	1,47	15	NS
		B	0	0,07	0,78	16	0,36	15	NS
	2 ^{ème} S	H	0	0,43	0,61	16	2,81	15	<.05
		B	0	-0,04	0,79	16	-0,21	15	NS
	3 ^{ème} S	H	0	0,23	0,75	16	1,23	15	NS
		B	0	-0,01	0,72	15	-0,03	14	NS

Tableau 12 : Analyse (t de Student) du biais oculomoteur en fonction de la position de présentation, du rang saccadique pour les réponses perceptives gauche et droite pour les participants jeunes.

Participants âgés			norme	M	σ	n	t	ddl	p
BPG	1 ^{ère} S	H	0	0,28	0,63	16	1,76	15	.10
		B	0	-0,13	0,67	16	-0,76	15	NS
	2 ^{ème} S	H	0	0,53	0,48	16	4,36	15	<.05
		B	0	-0,14	0,70	16	-0,79	15	NS
	3 ^{ème} S	H	0	0,45	0,58	15	2,99	14	<.05
		B	0	-0,16	0,79	16	-0,82	15	NS
BPD	1 ^{ère} S	H	0	0,37	0,71	16	2,05	15	.057
		B	0	-0,27	0,79	16	-1,36	15	NS
	2 ^{ème} S	H	0	0,33	0,71	15	1,82	14	.09
		B	0	-0,09	0,72	16	-0,52	15	NS
	3 ^{ème} S	H	0	0,40	0,69	16	2,27	15	<.05
		B	0	0,00	0,80	15	0,0046	14	NS

Tableau 13 : Analyse (t de Student) du biais oculomoteur en fonction de la position de présentation, du rang saccadique pour les réponses perceptives gauche et droite pour les participants âgés.

(5) Paramètres saccadiques

(a) Position d'arrivée des saccades

L'analyse suivante a été effectuée sur la base des données issues de l'exploration des visages normaux et chimériques. Elle portait sur les facteurs Âge des participants (Jeune et Agé), type de Visage (Normal et Chimérique), Position de présentation des visages (Haut et Bas), Rang saccadique (1^{ère}, 2^{ème} et 3^{ème} saccade), ainsi que sur les facteurs secondaires Main de réponse (Gauche et Droite) et Genre (Homme et Femme).

L'IO (traduisant le BO) fournit des informations concernant l'hémi-visage sur lequel la saccade arrive, mais ne donne pas d'indication sur la localisation exacte de la première fixation au sein du visage. La coordonnée X moyenne normalisée par rapport à l'axe central des visages a été calculée pour chaque position de présentation, afin de mesurer l'ampleur du déplacement de l'œil par rapport au plan vertical médian du visage. Une coordonnée X négative indique une position d'arrivée située à gauche du centre du visage observé, alors qu'une coordonnée X positive indique une position d'arrivée située à droite du centre du visage observé. Enfin, ces coordonnées moyennes ont été converties en degrés.

	1 ^{ère} S				2 ^{ème} S				3 ^{ème} S			
	Haut		Bas		Haut		Bas		Haut		Bas	
	M	σ	M	σ	M	σ	M	σ	M	σ	M	σ
Jeunes	0,25	0,43	0,17	0,64	0,57	0,89	0,72	0,97	0,01	0,68	-0,07	0,76
Agés	0,14	0,26	-0,13	0,52	0,28	0,58	0,09	0,72	0,46	0,74	0,24	0,58

Tableau 14 : Valeurs moyennes (en degrés) et écart-types des positions d'arrivée par rapport à l'axe central des visages (une valeur positive indique une fixation sur la partie droite ; une valeur négative une fixation sur la partie gauche) pour les participants jeunes et âgés en fonction du rang de la saccade (1^{ère}, 2^{ème} et 3^{ème} saccade) et de la position de présentation des visages (Haut et Bas).

Ni la main de réponse ($F_{(1,24)} = 2,27$; ns), ni le genre des participants ($F < 1$) n'affectent la position d'arrivée. Ces facteurs n'interagissent pas entre eux ($F < 1$). Le facteur main de réponse n'interagissant pas avec les autres facteurs, il a été retiré des analyses suivantes.

Néanmoins, le genre des participants interagit avec leur âge ($F_{(1,24)} = 9,93$; $p < .01$). Chez les femmes jeunes, la position d'arrivée de la saccade est située à $0,46^\circ$ à droite du centre du visage, alors que chez les femmes âgées, cette position se situe à $-0,04^\circ$ du centre, vers la gauche. Chez les hommes, ce pattern diffère : la position d'arrivée des participants jeunes se situe à $0,08^\circ$ à droite du centre du visage, alors que pour les participants âgés, cette position se situe à $0,40^\circ$ à droite du centre du visage.

Si le groupe d'âge des participants ($F < 1$) et le type de visage n'affectent pas la position d'arrivée de la saccade dans le visage ($F < 1$), ces deux facteurs interagissent ($F_{(1,28)} = 7,14$; p

<.05). Les saccades des participants jeunes et âgés arrivent à des positions similaires, que les visages soient chimériques (Jeunes : $0,24 \pm 0,49^\circ$ et âgés : $0,21 \pm 0,37$; $F < 1$) ou normaux (jeunes : $0,15 \pm 0,36$ et âgés $0,31 \pm 0,50$; $F_{(1,28)} = 1,26$; ns), tandis que l'on observe de faibles différences proches du seuil de signification statistique sur ces deux types de stimuli pour les positions d'arrivée des participants jeunes ($F_{(1,28)} = 3,84$; $p = .06$) et âgés ($F_{(1,28)} = 3,30$; $p = .08$).

Par ailleurs, le type de visage n'interagit ni avec le facteur Rang de la saccade ($F < 1$), ni avec le facteur Position ($F < 1$).

Le rang de la saccade (1^{ère}, 2^{ème} ou 3^{ème}) affecte la position d'arrivée au sein du visage ($F_{(2,56)} = 3,25$; $p < .05$). La première saccade arrive légèrement à droite du centre du visage ($0,10 \pm 0,44^\circ$). Sa position d'arrivée diffère de manière significative de la position d'arrivée de la deuxième saccade, située un peu plus à droite ($2^{\text{ème}} S : 0,41 \pm 0,76^\circ$; $F_{(1,28)} = 14,22$; $p < .01$), mais est similaire à celle de la troisième (et dernière) saccade ($3^{\text{ème}} S : 0,16 \pm 0,62^\circ$; $F_{(1,28)} = 2,45$; ns).

De même, ce facteur Rang de la saccade interagit avec l'âge des participants ($F_{(2,56)} = 5,60$; $p < .01$) (Figure 37). Ainsi, chez les participants âgés, les positions d'arrivée moyennes des saccades se situent autour du centre du visage, sur la partie droite (1^{ère} S : $0,006 \pm 0,33^\circ$; 2^{ème} S : $0,18 \pm 0,56^\circ$ et 3^{ème} S : $0,34 \pm 0,52^\circ$; 1^{ère} S vs. 2^{ème} S : $F_{(1,28)} = 2,33$; ns et 2^{ème} S vs. 3^{ème} S : $F < 1$). Chez les participants jeunes, la première saccade arrive légèrement à droite du centre des visages ($0,20 \pm 0,51$). La deuxième saccade arrive également sur la partie droite des visages ($0,64 \pm 0,88$), mais plus loin du centre (1^{ère} S vs. 2^{ème} S : $F_{(1,28)} = 14,47$; $p < .01$). La troisième saccade arrive légèrement à gauche du centre du visage ($-0,03 \pm 0,65$; 2^{ème} S vs. 3^{ème} S : $F_{(1,28)} = 8,60$; $p < .01$). Globalement, les positions d'arrivée pour les différentes saccades ne diffèrent pas significativement entre adultes jeunes et âgés, bien que certaines différences soient proches du seuil de significativité (1^{ère} S : $F_{(1,28)} = 1,83$; ns ; 2^{ème} S : $F_{(1,28)} = 3,74$; $p = .06$ et 3^{ème} S : $F_{(1,28)} = 3,33$; $p = .08$). Aucune interaction supplémentaire entre ces différents facteurs n'est notée (tous les $F < 1$).

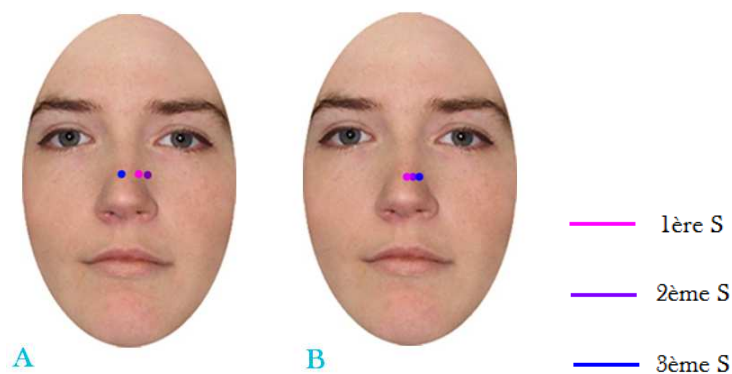


Figure 37 : Positions d'arrivée moyennes pour les participants jeunes (A) et âgés (B) selon le rang de la saccade, positions Haut et Bas confondues.

Que les stimuli soient présentés en Haut ou en Bas, la plupart des saccades arrivent sur la partie droite des stimuli, et ce, que les participants soient jeunes ou âgés. En ce qui concerne les régions d'intérêt (œil gauche, œil droit, nez et bouche), lorsque les visages sont présentés en Haut, les saccades arrivent majoritairement sur le nez, et dans une moindre proportion sur la bouche chez les participants jeunes, alors que chez les participants âgés, les saccades arrivent majoritairement dans ces deux régions, mais sans que l'une ne soit plus fixée que l'autre.

Enfin, lorsque les visages sont présentés en Bas, chez les participants jeunes, les saccades arrivent majoritairement sur l'œil droit tandis que chez les personnes âgées, les saccades arrivent majoritairement sur le nez, et, dans une moindre proportion dans la région des yeux (Figure 38).

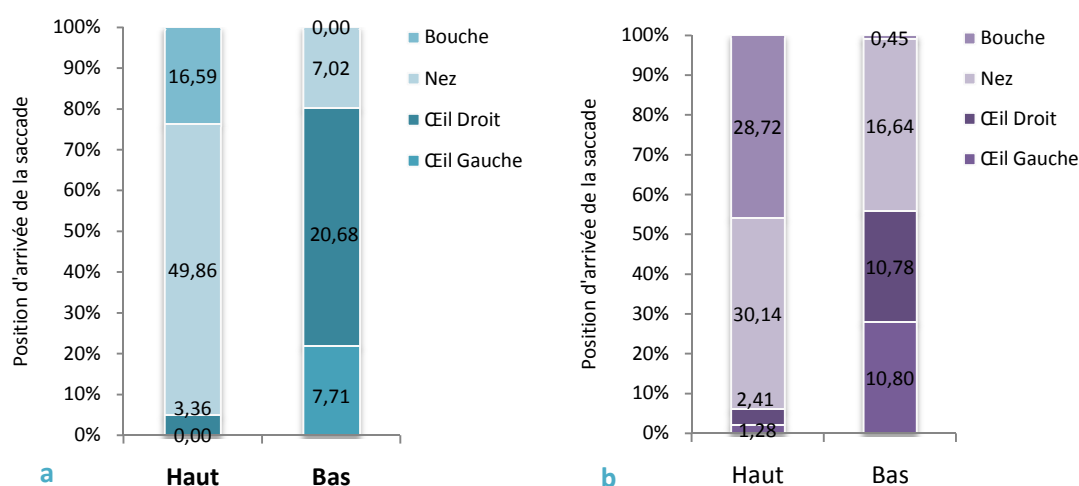


Figure 38 : Positions d'arrivée de la saccade (%) en fonction de la position de présentation et des Aires d'Intérêts pour les participants jeunes (a) et âgés (b). Certaines fixations arrivant entre deux aires d'intérêt, la somme des positions d'arrivée n'équivaut pas à 100%.

(b) Latences des saccades

Les analyses ont porté sur les données issues de l'exploration de visages normaux et chimériques. Les facteurs de cette analyse sont l'Âge des participants (Jeunes et Agés), le type de Visage (Normal et Chimérique), la Position de présentation des visages (Haut et Bas), le Rang de la saccade (1^{ère}, 2^{ème} et 3^{ème} saccade), ainsi que les facteurs secondaires contrebalancés Main de réponse (Gauche et Droite) et Genre (Homme et Femme).

Ni la main de réponse ($F_{(1,24)} = 1,78$; ns), ni le genre des participants ($F < 1$) n'affectent la latence des saccades. Pour cette raison et en l'absence d'interaction entre ces facteurs secondaires et les facteurs principaux, ils ont été exclus des analyses suivantes.

	1 ^{ère} S				2 ^{ème} S				3 ^{ème} S			
	Haut		Bas		Haut		Bas		Haut		Bas	
	M	σ	M	σ	M	σ	M	σ	M	σ	M	σ
Jeunes	188	21,24	199	28,02	191	82,89	192	67,93	313	76,51	320	88,36
Agés	221	37,10	232	42,01	241	233,58	216	74,16	344	133,37	371	196,28

Tableau 15 : Valeurs moyennes des latences (en ms) et écart-types des participants jeunes et âgés en fonction de la position de présentation des visages (Haut et Bas) et le rang de la saccade (1^{ère}, 2^{ème} et 3^{ème} saccade).

Si la latence saccadique est plus courte chez les participants jeunes ($233,99 \pm 40,24$ ms) que chez les participants âgés ($270,90 \pm 75,85$ ms), cette différence n'est pas statistiquement significative ($F_{(1,30)} = 2,95$; $p = .09$). Ni la position de présentation des visages, ni le type de visage (normal ou chimérique) n'affectent la latence saccadique ($F < 1$). Cependant, ce dernier facteur interagit avec le groupe d'âge ($F_{(1,30)} = 4,71$; $p < .05$). Cette interaction, présentée sur la figure 39, se traduit par le fait que, chez les participants jeunes, la différence de 17 ms en faveur des visages chimériques par comparaison aux visages normaux n'est pas significative ($F_{(1,30)} = 1,45$; ns), alors que, chez les participants âgés, la latence est de 25 ms plus longue pour les visages chimériques que pour les visages normaux, cette différence s'approchant alors du seuil de signification statistique ($F_{(1,30)} = 3,47$; $p = .07$). Par ailleurs, les latences saccadiques des participants âgés sont plus longues que celles des jeunes pour les visages chimériques ($F_{(1,30)} = 4,48$; $p < .05$), ce qui n'est pas le cas pour les visages normaux ($F < 1$).

Le Rang de la saccade affecte les latences ($F_{(2,60)} = 33,21$; $p < .001$). Ainsi, les latences de la première et deuxième saccades sont similaires ($F < 1$). Elles sont toutes deux plus courtes que celle observée lors de la préparation de la troisième saccade ($F_{(1,30)} = 52,54$; $p < .001$).

Aucune interaction supplémentaire n'est notée ($F < 1$).

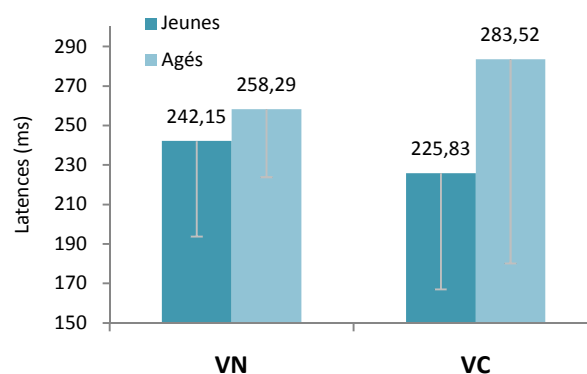


Figure 39 : Latences moyennes pour les participants jeunes et âgés en fonction du type de visage observé (VN = Visage Normal et VC = Visage Chimérique).

d) Discussion

Au cours de cette expérience, le traitement perceptif de visages normaux et chimériques, ainsi que l'exploration oculomotrice associée ont été étudiés lors d'une tâche de jugement de genre. La position de présentation des visages a été manipulée, avec deux positions possibles : au-dessus (Haut) et au-dessous (Bas) de la croix de fixation centrale, ainsi que le nombre de saccades oculaires autorisées. Les participants jeunes et âgés ont réalisé la tâche en condition Fixation ou en effectuant jusqu'à 3 saccades selon les essais.

Les visages normaux et chimériques ont été explorés de manière similaire. Cela a pu être observé sur les variables latence, position d'arrivée des saccades et indice oculomoteur.

Comme pour l'expérience précédente, la tâche de jugement de genre a été correctement réalisée par l'ensemble des participants : le % de BR obtenu sur la base des visages normaux indique que les scores différaient du hasard pour toutes les conditions expérimentales.

Les participants jeunes sont plus performants que les adultes âgés pour effectuer ce jugement de genre. Cette moindre performance des adultes âgés, observée dans d'autres tâches impliquant un traitement des visages (Lott et al. 2005 ; Leonards et al. 2002), peut être mise en relation avec une baisse globale de l'efficacité cognitive et/ou avec un ralentissement du traitement de l'information visuelle (Park et al. 2001 ; Salthouse, 1996). Comme dans la première expérience, au cours de la présente expérience, ce ralentissement est notamment observé dans deux situations. La première concerne l'établissement de la durée de présentation des stimuli pour la condition Fixation. Les durées de présentation pour les adultes âgés sont plus longues en moyenne de 121 ms que celles nécessaires aux adultes jeunes. Ce temps supplémentaire, déterminé lors de la phase pré-expérimentale, leur permet alors d'obtenir un % de BR équivalent à celui des jeunes adultes. Par ailleurs, les latences saccadiques sont plus longues de 37 ms en moyenne chez les participants âgés, indiquant ainsi des fixations plus longues au sein des visages. Toutefois, ces temps d'exposition aux visages ne semblent pas leur être suffisants pour effectuer un jugement de genre aussi performant que celui des jeunes adultes.

Globalement, la tâche de jugement de genre est mieux réalisée lorsqu'une saccade est exécutée vers le visage que lorsque les visages sont perçus de manière périphérique. Chez les participants jeunes, les performances optimales pour effectuer cette tâche de jugement de genre sont obtenues dès la réalisation d'une saccade. Ces résultats ne sont pas concordants avec ceux présentés par Hsiao & Cottrell (2008), lesquels avaient défini des performances optimales lors de l'exécution de deux saccades. Cette différence peut probablement s'expliquer par la

différence de tâche – jugement de genre dans le présent travail et tâche de reconnaissance faciale chez Hsiao & Cottrell (2008).

Chez les participants âgés, le jugement de genre optimal est observé suite à l'exécution d'une série de deux saccades successives. Cela peut être lié au ralentissement du traitement de l'information évoqué précédemment, mais également à des difficultés de mise en œuvre d'un traitement analytique (Daniel & Bentin, 2010 ; Chaby, Narme, George, 2011) pour traiter les éléments permettant de catégoriser un visage selon son genre. Rappelons que ces différents éléments sont : la distance entre les yeux et les sourcils, entre les sourcils et les cils, entre le nez et la bouche, ainsi que la longueur du menton et l'épaisseur de la lèvre inférieure (Brown & Perrett, 1993 ; Burton, Bruce & Dench, 1993). Chez les personnes âgées, selon Chaby et al. (2011), le traitement des relations verticales de second-ordre est préservé au cours du vieillissement, par comparaison au traitement horizontal, mais s'accompagne d'un ralentissement du traitement de l'information. Ainsi, il semble que les participants âgés de notre étude peuvent utiliser et traiter les informations pertinentes pour la réalisation de la tâche de jugement de genre et obtenir des performances correctes, au prix d'un certain ralentissement.

A l'aide des visages chimériques, un indice perceptif (IP) a été calculé, traduisant un biais perceptif (BP). Nous avons souhaité vérifier si le BP gauche rapporté dans la littérature pour des positions de présentation centrale ou situées sur un axe vertical (Bava et al., 2005 ; Butler & Harvey, 2005, 2006, 2008 ; Coolican et al., 2008) était retrouvé et comment, le cas échéant, il était modulé par le nombre de saccades réalisées.

Sur l'ensemble des participants, un faible IP négatif, traduisant un BP gauche de faible amplitude est observé. Plus précisément, les participants jeunes présentent un IP négatif témoignant d'un BP gauche, ce qui n'est pas le cas des adultes âgés (IP non différent de 0). Ainsi, ce résultat va à l'encontre des hypothèses formulées et basées sur les travaux de Butler et al. (2006) indiquant l'émergence d'un BP gauche chez des participants âgés lors d'une exposition des visages de plus de 300 ms.

La position de présentation des visages est importante, notamment quand on considère l'âge des participants. Chez les personnes âgées, aucun BP n'est noté pour les deux positions de présentation alors que chez les participants jeunes, un IP négatif traduisant un BP gauche n'est observé que lors de la présentation des stimuli en Bas. Une telle différence de BP selon la position de présentation des stimuli Haut et Bas n'a pas été rapportée dans la littérature (Coolican et al. 2008 ; Bava et al. 2005). Cependant, ces études antérieures ont utilisé des méthodes de présentation simultanée dans ces deux positions, certaines sur un classeur posé sur une table en face du participant. De telles différences méthodologiques ne permettent pas de comparer nos résultats à ceux des études précédentes. Par ailleurs, la première expérience de ce

travail de thèse a mis en évidence un BP gauche chez les participants jeunes uniquement lorsque les visages étaient présentés en Haut. Ces différentes observations peuvent être mises en relation avec la variabilité interindividuelle observée et que nous évoquerons par la suite.

L'influence du nombre de saccades doit également être soulignée. En effet, le BP gauche documenté par la littérature n'est présent chez les participants jeunes de notre étude que lors de l'exécution d'une saccade en position Bas. Chez les participants âgés, il n'est observé que lors de la réalisation d'une série de trois saccades consécutives en position Bas. Ces données ne sont pas totalement en accord avec celles de Butler et al. (2008), lesquels ont rapporté que des participants âgés présentaient un BP gauche significatif au cours d'une présentation d'un visage chimérique en position centrale d'une durée de 300 ms. Les temps d'exposition de notre expérience sont supérieurs à ceux rapportés par Butler et Harvey (2008) (1,2 secondes en moyenne pour les participants âgés au cours de notre expérience avec une fixation globale au sein du visage de 992 ms). L'analyse réalisée sur les % de BR a permis de déterminer que le traitement perceptif des visages est réalisé de manière efficiente par les participants âgés. Par ailleurs, les visages normaux et chimériques sont explorés de manière similaire. Ces deux éléments, ainsi que l'absence de BP gauche chez les participants jeunes pour chaque condition expérimentale, indiquent que l'absence de BP chez les participants âgés ne peut pas être liée à un défaut de traitement des visages ou à des difficultés à réaliser la tâche de jugement de genre. Si l'émergence plus tardive du BP chez les adultes âgés peut être liée à une réduction des asymétries hémisphériques au cours du vieillissement (Cabeza, 2002 ; Dolcos et al., 2002), les différences observées par rapport à la littérature pour le BP peuvent s'expliquer notamment par l'importante variabilité interindividuelle. En effet, bien que la proportion de personnes présentant un BP gauche soit la plus importante (de 37,5% à 56,25% selon les conditions expérimentales), un nombre non négligeable de participants présente un BP droit ou une absence de BP. Peu d'études ont jusqu'ici évoqué cette variabilité interindividuelle (ex. Moreno et al., 1990 ; Yovel et al., 2008). Cette variabilité étant également retrouvée dans l'amplitude de l'IP (certains participants présentant un IP important, d'autres une valeur d'IP proche de zéro), la valeur moyenne de l'IP – et donc l'ampleur moyenne du BP – est à considérer avec prudence. Celle-ci pourrait en effet être influencée par quelques participants présentant des valeurs situées aux extrémités de cet indice (-1 à +1). En outre, cette variabilité interindividuelle s'accroît avec l'âge, aussi bien pour des tâches cognitives (Brouillet, 2011), que dans le cas de saccades oculaires (Peltsch et al., 2011).

L'Indice Oculomoteur moyen observé ici, quel que soit l'âge des participants, indique que l'ensemble des saccades a tendance à arriver sur la partie droite des visages, et ceci, plus fréquemment lors de la présentation des visages en Haut qu'en Bas (IO plus important alors). La

position de présentation a également son importance quand elle est étudiée en lien avec le rang de la saccade (1^{ère}, 2^{ème} et 3^{ème} saccade). Ainsi, un BO droit modéré est présent lors de la première saccade vers les visages présentés en Haut, avec une diminution progressive de ce BO qui tend vers 0 lors de la 3^{ème} et dernière saccade. Pour la position de présentation en Bas, le BO reste toujours proche de 0. Rappelons que l'arrivée de la première saccade sur la partie droite des visages était également observée lors de l'expérience précédente. Ces résultats non concordants avec les données de la littérature (Guo et al., 2009, 2011, 2010 ; Hsiao & Cottrell, 2008) semble indiquer que le BO n'est pas lié à une dominance de l'HD pour le traitement des visages.

L'âge interagit avec le rang de la saccade. L'analyse des positions d'arrivée de la saccade permet d'apporter des précisions quant à ce BO. Bien que situées sur des hémi-visages différents, les positions d'arrivée des saccades des participants âgés restent situées autour du centre du visage, ne dépassant pas 1 degré d'écart par rapport au centre du visage et ce, pour toutes les saccades. Cela étant, bien qu'également située autour du centre du visage, l'exploration visuelle réalisée par les participants jeunes semble couvrir une distance plus large que celle observée chez les adultes âgés lors des deux premières saccades. Cela peut être mis en relation, notamment, avec l'effet du centre de gravité décrit par Bindemann et al. (2009). Les différences observées liées à l'âge pourraient quant à elles être liées à l'hypométrie des saccades observée chez les adultes âgés (Sharpe et Zackon, 1987), ainsi qu'aux difficultés de localisation spatiale, pouvant alors engendrer un défaut de déploiement de l'attention visuelle en lien avec la baisse de l'acuité visuelle (Owsley et al., 2000). Néanmoins, tout comme pour l'IP traduisant le BP, l'IO obtenu dans cette expérience est marqué par une certaine variabilité interindividuelle. En effet, bien que dans certaines conditions un nombre non négligeable de participants présente un BO droit, une certaine proportion d'entre eux peut présenter un BO gauche, ou, dans une moindre mesure, une absence de BO. Cette variabilité des comportements oculomoteurs est probablement plus importante pour cette expérience que l'expérience précédente en raison du nombre plus important de saccades réalisées.

Enfin, comme cela été noté lors de la première expérience, la réponse perceptive des participants (BP gauche ou droit) n'a pas d'influence sur la réponse oculomotrice, et ce quel que soit son rang (1^{ère}, 2^{ème} ou 3^{ème}). Il convient de noter également que cela est vrai pour les deux groupes d'âge. Ainsi, l'exploration des visages est similaire, que les participants se basent sur la partie droite ou gauche des visages pour effectuer le jugement de genre. Les biais perceptif et oculomoteur rapportés jusqu'ici dans la littérature ne sont donc pas liés. Cela suggère également qu'il n'existe pas un mécanisme commun les sous-tendant, à savoir la spécialisation

de l'HD pour le traitement des visages, comme cela a pu être suggéré par les études précédentes (Bava et al., 2005 ; Butler et al., 2005 ; Coolican et al., 2008 ; Hsiao & Cottrell, 2008).

Finalement, si Butler et al. (2005 et 2008) ont observé un BP gauche associé à un BO gauche lors d'une tâche de jugement de genre, ce lien entre BP et BO gauche n'est pas observé au cours de cette expérience (et de la précédente). Dans ces conditions, nous proposons pour l'expérience suivante de nous baser, au moins partiellement, sur le paradigme utilisé par Butler et al. (2005, 2006 et 2008). Afin d'étudier cet éventuel lien entre les biais, nous proposons trois positions de présentation des visages : les deux positions latérales utilisées lors de la première expérience (à Gauche et à Droite de la croix de fixation centrale), ainsi qu'une position centrale, semblable à celle utilisée par Butler et al. (2005, 2006 & 2008). Il est en effet possible que le lien entre BP et BO n'apparaisse que lorsque la fixation initiale se situe au sein du visage, permettant ainsi un traitement du visage précoce. Dans le but d'étudier l'influence du nombre de saccades autorisées (et en conséquence, la durée d'exposition du visage), nous utilisons les mêmes conditions saccadiques que dans cette deuxième expérience : condition Fixation (sans mouvement oculaire), une, deux ou trois saccades autorisées selon les essais.

Enfin, les deux premières expériences ayant permis d'établir que les visages chimériques utilisés sont explorés de manière similaire aux visages normaux, et que le paradigme employé permet la réalisation d'un jugement de genre efficient, aussi bien pour les participants jeunes qu'âgés, nous ne proposons dans l'expérience suivante que des visages chimériques, cela dans le but de ne pas alourdir et allonger la procédure de passation, particulièrement contraignante pour les adultes âgés.

Influence de l'exploration oculaire sur les biais perceptif et oculomoteur: Résumé des résultats

- Les participants jeunes présentent un meilleur % de BR et des latences saccadiques plus courtes que les participants âgés,
- La tâche de jugement de genre est effectuée de manière optimale par les participants jeunes lorsqu'une saccade est exécutée ; par les participants âgés, lorsque deux saccades sont exécutées,
- Globalement, un BP gauche est observé uniquement chez les participants jeunes,
- Le BP dépend de la position de présentation des visages et de la condition saccadique : il apparaît pour la position Bas chez les personnes jeunes lors de la réalisation d'une saccade et chez les personnes âgées lors de la réalisation de 3 saccades,
- Une variabilité interindividuelle du BP est notée pour tous les participants,
- L'exploration oculaire des visages diffère quelque peu selon l'âge des participants : les positions d'arrivées des 3 saccades se situent autour du centre des visages pour les deux groupes, mais sont plus éloignées les unes des autres chez les participants jeunes,
- Le BP et le BO ne sont pas liés.

CONTRIBUTIONS EXPERIMENTALES

EXPERIENCE 3 :

**INFLUENCE DES POSITIONS DE PRESENTATION DES VISAGES SUR UN AXE HORIZONTAL
SUR LES BIAIS PERCEPTIF ET OCULOMOTEUR**

3. *EXPERIENCE 3 : INFLUENCE DES POSITIONS DE PRESENTATION DES VISAGES SUR UN AXE HORIZONTAL SUR LES BIAIS PERCEPTIF ET OCULOMOTEUR*

Les travaux de Butler et al. (2005, 2006 & 2008) ont mis en évidence un BP gauche lors de la réalisation d'une tâche de jugement de genre sur des visages normaux et chimériques. La position de présentation des visages était située au centre de l'écran pour leurs différentes études portant sur des participants jeunes (2005, 2006 & 2008) et des participants âgés (2008). Les conclusions issues des différents travaux de Butler et al. étaient les suivantes : 1) chez les jeunes adultes, un BP gauche émergeait pour des durées d'exposition très brèves (100 ms), rendant peu probable la réalisation de mouvements oculaires (2006) ; 2) chez les adultes âgés, le BP gauche était plus long à apparaître (à partir de 300 ms, cf. Butler et al. 2008) et nécessitait des durées d'exposition aux visages plus longues ; 3) les adultes âgés présentaient un BP gauche plus faible que les adultes jeunes ; 4) tout âge confondu, le BP gauche s'intensifiait avec la réalisation de saccades oculaires ; 5) chez les jeunes adultes, le BP gauche était accompagné de fixations plus nombreuses et plus longues sur la partie gauche des visages. Ce dernier résultat n'a pas été vérifié chez les adultes âgés, leurs mouvements oculaires n'ayant pas été enregistrés.

Nos deux expériences précédentes n'ont pas permis de répliquer ces résultats de Butler et al. (2005, 2006 & 2008) concernant l'apparition d'un BP gauche lorsqu'aucun mouvement oculaire n'était réalisé chez les adultes jeunes, ni l'apparition d'un BP gauche plus tardif chez les participants âgés. De même, le lien entre BP et BO gauches qu'ils ont établi au cours de leur expérience de 2005 n'a pas été retrouvé dans nos deux expériences précédentes et ne semble pas avoir été documenté dans la littérature jusqu'ici chez des participants âgés. Néanmoins, nos deux premières expériences ont permis notamment de révéler l'importance de la position de présentation des visages par rapport à un point de fixation central (position de fixation initiale située en dehors du visage) sur le biais perceptif. Son importance dans le biais oculomoteur a été précédemment documentée (Peterson et Eckstein, 2012). Il est donc possible que les résultats obtenus par Butler et al. (2005, 2006 et 2008) soient liés à la méthode employée, et plus spécifiquement à l'utilisation de la position centrale de présentation des visages. Ainsi, dans la présente expérience, nous avons inclus cette position de présentation des visages. A celle-ci, nous avons associé les positions latérales (gauche et droite). Pour des raisons de durée de passation et afin de ne pas alourdir la procédure de passation, éprouvante pour nombre de participants âgés, nous n'avons pas utilisé les positions de présentation Haut et Bas des deux précédentes expériences. Souhaitant étudier l'influence du nombre de saccades réalisées sur l'apparition et l'évolution du BP, mais également sur un éventuel lien entre BP et BO nous avons défini les mêmes conditions saccadiques que dans notre deuxième expérience : Fixation (vision

parafovéale, aucun mouvement oculaire n'est réalisé), une, deux ou trois saccades selon les essais. Nous attendons des résultats différents en fonction de la position de présentation des visages. Ainsi, la présentation centrale devrait permettre de répliquer les résultats de Butler et al. (2005, 2006 & 2008), à savoir, chez les participants jeunes, un BP gauche émergeant tôt (dès la condition Fixation), s'accroissant avec le nombre de mouvements oculaires réalisés et associé à un BO gauche. Chez les participants âgés, ce BP gauche émergerait plus tardivement et son amplitude serait plus faible. De même, si un lien entre le BP et le BO est observé chez les jeunes, ce lien serait modifié au cours du vieillissement, notamment pour la position de présentation centrale. Cette dernière hypothèse est formulée sur la base des données de la littérature concernant la diminution des asymétries hémisphériques (Cabeza, 2002). Si les biais sont liés à la dominance de l'HD pour le traitement des visages, ils devraient s'atténuer au cours du vieillissement. Si le BO est dû à des contraintes visuelles et motrices, il ne devrait pas être modulé au cours du vieillissement (latence et amplitude : Yang & Kapoula, 2006 ; Sharpe & Zackon, 1987 ; Peltsch et al., 2009).

Pour la présentation centrale des visages, un BP gauche devrait apparaître dès la condition Fixation, étant donné que la fixation aura alors lieu au sein du visage. Les positions latérales induiraient un BP de proximité pour les deux groupes de participants (par exemple : lors de la présentation des visages à gauche de la croix de fixation centrale, un BP droit apparaîtrait, étant donné que la partie droite du visage serait la plus proche de la croix de fixation centrale) dès la condition Fixation (vision parafovéale). Ce BP de proximité s'atténuerait avec l'exécution de mouvements oculaires, évoluant alors vers un BP gauche. Le lien entre BP et BO serait dès lors modulé par la position de présentation des visages, différant alors en fonction du BP. Enfin, et en accord avec l'étude de Butler et al. (2008), les participants âgés présenteraient un BP gauche plus tardivement que les participants jeunes. L'exécution d'un plus grand nombre de saccades (et par conséquent, un temps d'exposition aux visages plus long) leur serait donc nécessaire.

a) Participants

Trente-deux jeunes étudiants (16 hommes et 16 femmes, $22,5 \pm 2,3$ ans), et 9 personnes âgées (5 hommes et 4 femmes, $67,62 \pm 3,8$ ans) ont pris part à cette expérience. Tous étaient droitiers (Jeunes : $93,11 \pm 5,5\%$ et Agés : $92,16 \pm 8,6\%$).

b) Procédure

Au cours de cette expérience, seuls des visages chimériques sont présentés. La durée moyenne de présentation, déterminée au cours de la phase pré-expérimentale (identique à celle des expériences précédentes, utilisant des visages normaux), est de $160,72 \pm 31,12$ ms pour les participants jeunes et de $235,71 \pm 51,91$ ms pour les participants âgés. Les temps de présentation des participants âgés sont significativement plus longs que ceux des participants jeunes ($t_{(39)} = -5,46$; $p < .001$).

Au cours de la phase expérimentale, les visages peuvent apparaître dans 3 positions différentes : à gauche, au centre ou à droite de la croix de fixation centrale. Quatre conditions saccadiques sont possibles : aucune saccade (Fixation), une, deux ou trois saccades autorisées selon les essais. Les participants ne sont pas informés de la condition saccadique, il leur est simplement demandé d'explorer les visages.

Le bloc Fixation est constitué de 48 essais. De même, chaque sous-condition saccadique (une, deux ou trois saccades) est testée sur 48 essais. Au total, les participants sont donc soumis à 192 essais. Tous les visages sont présentés trois fois durant l'expérience.

Les facteurs principaux systématiques sont la position de présentation des visages à 3 modalités (P_3 : Gauche, Centre ou Droite), la condition saccadique à 4 modalités, (E_4 : Fixation - F-, une saccade -S1-, deux saccades -S2- ou 3 saccades -S3-) et l'âge des participants à deux modalités (A_2 : Jeunes et âgés). Les facteurs secondaires contrebalancés sont le genre des participants à deux modalités (G_2 : Homme et Femme), ainsi que la main de réponse à deux modalités (M_2 : Gauche et Droite). Le plan expérimental est donc le suivant :

$$S < A_2 * M_2 * G_2 > * P_3 * E_4$$

Les variables étudiées sont l'IP, l'IO, la latence, et les positions d'arrivée des saccades. Compte tenu du fait que seuls des visages chimériques sont utilisés, il n'y a pas de réponse correcte ou incorrecte : la variable % de BR n'est donc pas pertinente.

c) Résultats

Deux participants âgés n'ont pas réussi à réaliser la tâche en condition Fixation. Leurs données ont donc été retirées de l'analyse portant sur cette condition. En revanche, leurs

données recueillies dans la condition Saccade ont été conservées pour l'analyse portant sur cette condition.

Sur l'ensemble des participants, 4,06% des essais ont été éliminés des analyses pour les raisons suivantes : saccades réalisées dans la condition Fixation (1,96%), fixations dans la condition Saccade (0,47%), saccades dont les latences étaient très courtes ($< 80\text{ms}$) ou très longues ($> 800\text{ ms}$) (1,48%), saccades dirigées dans la mauvaise direction (0,14%).

(1) Indice Perceptif et Biais Perceptif

Données générales

Compte tenu du fait que 2 participants âgés n'ont pas réussi la totalité des conditions expérimentales, l'ANOVA a été réalisée sur la base des 32 participants jeunes et des 7 participants âgés ayant des résultats complets dans les deux conditions Fixation et Saccade. L'analyse a porté sur les facteurs Âge (Jeune et Agé), Position de présentation (Gauche, Centre et Droite), condition Saccadique (Fixation, une, deux et trois saccades), ainsi que sur les facteurs secondaires contrebalancés Main de réponse (Gauche et Droite) et Genre (Homme et Femme).

Si le genre des participants n'affecte pas l'IP ($F_{(1,31)} = 1,29$; ns), la main de réponse l'affecte ($F_{(1,31)} = 4,39$; $p < .05$) : on observe que l'IP négatif (BP Gauche) est plus important lorsque les participants répondent avec la main gauche ($-0,08$; $t_{(17)} = -3,8$; $p < .01$) que lorsqu'ils répondent avec la main droite ($-0,03$; $t_{(20)} = -1,5$; ns). En raison de l'absence d'effet du facteur genre et de son absence d'interaction avec les facteurs principaux, celui-ci a été exclu des analyses suivantes.

En moyenne, l'IP calculé sur l'ensemble des 39 participants retenus dans l'ANOVA, est de $-0,05 \pm 0,09$ ($t_{(38)} = -3,6$; $p < .001$). Bien que cet IP soit faible, il traduit un BP gauche puisque sa valeur diffère de 0.

Indices perceptifs		Jeunes		Agés	
		M	σ	M	σ
Fixation	Gauche	0,07	0,18	-0,05	0,18
	Centre	-0,04	0,22	-0,10	0,22
	Droite	-0,07	0,18	-0,12	0,13
S1	Gauche	-0,01	0,22	-0,01	0,09
	Centre	-0,06	0,26	-0,09	0,16
	Droite	-0,10	0,18	-0,02	0,23
S2	Gauche	-0,04	0,18	0,06	0,16
	Centre	-0,15	0,26	0,08	0,26
	Droite	-0,11	0,19	-0,20	0,27
S3	Gauche	-0,01	0,25	-0,03	0,21
	Centre	0,01	0,24	0,02	0,37
	Droite	-0,04	0,26	-0,03	0,19

Tableau 16 : Indices perceptifs moyens et écart-types des participants jeunes et âgés en fonction des différentes conditions expérimentales.

L'âge des participants n'affecte pas l'IP ($F < 1$), et n'interagit avec aucun autre facteur. Comme on peut le voir sur le tableau 16, en moyenne, participants jeunes et âgés témoignent d'un IP négatif (respectivement : $-0,06 \pm 0,09$; $t_{(31)} = -3,62$; $p < .01$ et $-0,03 \pm 0,10$; $t < 1$; $F < 1$), mais celui des âgés ne diffère pas statistiquement de 0.

La condition saccadique fait varier l'IP ($F_{(3,105)} = 3,21$; $p < .05$). Son effet se traduit de la manière suivante (voir figure 40) : on observe un faible IP négatif, non différent de 0, en condition Fixation qui s'accroît en condition S1 et S2 (Fixation : $-0,03$; $t_{(38)} = -1,45$; ns ; S1 : $-0,06$; $t_{(38)} = -3,20$; $p < .01$; S2 : $-0,09$; $t_{(38)} = -3,77$; $p < .001$), tandis qu'il disparaît dans la condition S3 ($-0,01$; $t < 1$; $F_{(1,35)} = 5,14$; $p < .05$).

La position de présentation des stimuli a un effet statistiquement significatif sur l'IP ($F_{(2,70)} = 5,36$; $p < .01$). Lorsque les visages sont présentés au centre, les participants se basent sur la partie gauche des visages ($-0,06$, $t_{(38)} = -2,7$; $p < .05$). Cela est également vrai lorsque les visages sont présentés à droite ($-0,08$, $t_{(38)} = -5,04$; $p < .01$). De fait, la différence d'IP entre ces deux positions de présentation des stimuli (au Centre et à Droite) n'est pas significative ($F < 1$). Lorsque les visages sont présentés à Gauche, on n'observe pas de BP droit ou gauche ($0,00$; $t < 1$). Les différences entre les IP, mesurés lorsque les stimuli sont présentés à Gauche ou à Droite d'une part, à Gauche ou au Centre d'autre part, sont statistiquement significatives (respectivement : $F_{(1,35)} = 5,29$; $p < .05$; $F_{(1,35)} = 4,24$; $p < .05$).

Aucune interaction n'est observée.

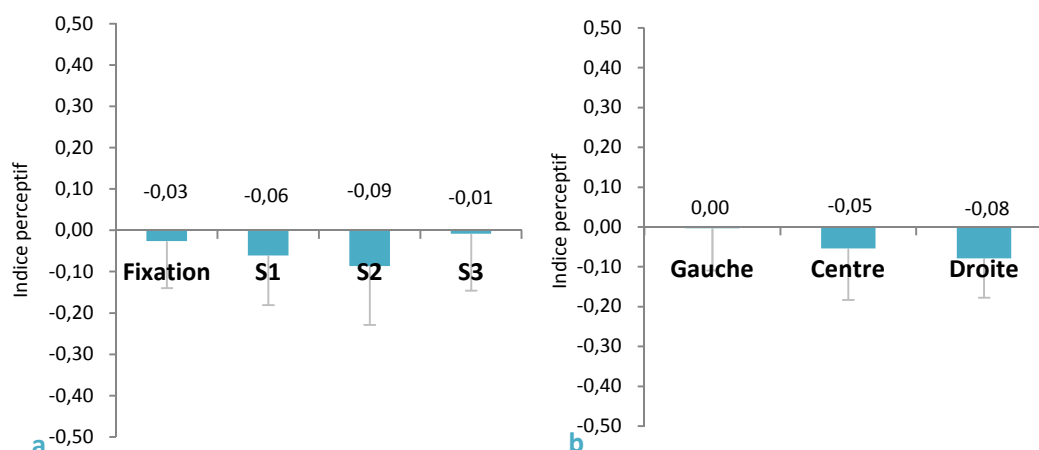


Figure 40 : Indices perceptifs pour tous les participants (jeunes et âgés) en fonction du nombre de saccades réalisées (a) et de la position de présentation (b).

Indice Perceptif, Biais Perceptif et âge des participants

Bien que l'âge des participants n'affecte pas l'IP, il nous a semblé nécessaire, à titre de vérification et de comparaison avec les effets observés dans les précédentes expériences et compte tenu de nos hypothèses sur l'effet du vieillissement sur le BP, d'étudier les différents IP observés dans les diverses conditions pour chacun des groupes d'âge.

Chez les participants jeunes, en conditions Fixation et Saccade, toutes modalités de la condition saccadique confondues, on n'observe pas de BP (dans les deux cas : $IP = -0,01$; $t < 1$). Un IP négatif, différant significativement de 0, émerge lorsqu'une saccade est exécutée ($-0,06$; $t_{(31)} = -2,47$; $p < .05$) et est accentué lors de la réalisation d'une deuxième saccade ($-0,10$; $t_{(31)} = -4,33$; $p < .01$). Lors de l'exécution d'une troisième saccade, ce BP n'est plus observé ($-0,01$; $t < 1$).

Toutes conditions saccadiques confondues, un IP négatif et différent de 0 (traduisant donc un BP gauche), est observé lorsque le stimulus est présenté au Centre ($IP = -0,06$; $t_{(31)} = -2,8$; $p < .01$), ou à Droite ($-0,08$; $t_{(31)} = -4,5$; $p < .001$). En revanche, on n'observe pas de BP lorsque le stimulus est présenté à Gauche ($0,0002$; $t < 1$).

Toutefois, lorsque les données des trois sous-conditions saccadiques sont séparées, on observe un BP gauche lorsqu'une saccade est réalisée ($-0,06$; $t_{(31)} = -2,5$; $p < .05$), semblant s'accroître lors de la 2^{ème} saccade ($-0,10$; $t_{(31)} = -4,3$; $p < .001$). Ce BP gauche disparaît lors de la réalisation de la 3^{ème} saccade ($-0,01$; $t < 1$). Si l'on considère les différentes valeurs des IP observés selon les différentes positions de présentation des stimuli et selon le nombre de saccades réalisées, certaines nuances peuvent être apportées aux données ci-dessus. Les tableaux 17 & 18 présentent les diverses valeurs des IP ainsi calculés.

	Jeunes	norme	M	σ	n	t	ddl	p
FIXATION	G	0	0,07	0,17	32	2,16	31	<.05
	C	0	-0,04	0,22	32	-0,98	31	NS
	D	0	-0,07	0,18	32	-2,08	31	<.05
S1	G	0	-0,01	0,22	32	-0,23	31	NS
	C	0	-0,06	0,25	32	-1,32	31	NS
	D	0	-0,10	0,17	32	-3,20	31	<.05
S2	G	0	-0,04	0,18	32	-1,25	31	NS
	C	0	-0,15	0,26	32	-3,20	31	<.05
	D	0	-0,11	0,193	32	-3,41	31	<.05
S3	G	0	-0,01	0,25	32	-0,25	31	NS
	C	0	0,01	0,24	32	0,18	31	NS
	D	0	-0,04	0,25	32	-0,78	31	NS

Tableau 17 : Tableau d'analyse (t de Student) des biais perceptifs des participants jeunes en fonction du nombre de mouvements oculaires réalisés et de la position de présentation des visages.

Si l'on considère ces résultats en fonction des positions de présentation des visages, il apparaît que chez les participants jeunes, lorsque les stimuli sont présentés au Centre, le BP Gauche n'est présent que lorsque deux saccades sont effectuées (-0,15 ; $p < .05$). Pour toutes les autres conditions (Fixation, une ou trois saccades) bien qu'il soit négatif, l'IP observé ne diffère pas de 0. Lorsque les stimuli sont présentés à Droite, un BP Gauche est observé en condition Fixation, une et deux saccades. En revanche, il n'est pas observé sur la 3^{ème} saccade. Enfin, lorsque les stimuli sont présentés à Gauche, un BP droit est observé dans la seule condition Fixation ; il disparaît dès lors qu'une saccade est effectuée. Ainsi, pour les positions latérales, un effet de proximité.

Chez les participants âgés (tableau 18), toutes conditions saccadiques confondues, ce n'est qu'en position Droite qu'un BP gauche semble émerger de manière marginale (-0,8 ; $t_{(6)} = -1,97$; $p = .09$). Lorsque les stimuli sont présentés au Centre ou à Gauche, on n'observe pas de BP (dans les deux cas -0,03 ; $t < 1$).

Par ailleurs, si toutes positions confondues, un BP gauche marginal semble émerger en condition Fixation (-0,09 ; $t_{(6)} = -2,3$; $p = .06$), ce n'est uniquement que sur la première saccade qu'on observe effectivement un BP gauche (-0,08 ; $t_{(6)} = -3,47$; $p < .05$). Sur les deuxième et troisième saccades, on n'observe pas de BP (-0,02 ; $t < 1$ pour S2; 0,01 ; $t < 1$ pour S3).

	Agés	norme	M	σ	n	t	ddl	p
FIXATION	G	0	-0,05	0,18	7	-0,67	6	NS
	C	0	-0,10	0,22	7	-1,13	6	NS
	D	0	-0,12	0,13	7	-2,54	6	<.05
S1	G	0	-0,05	0,06	7	-1,97	6	.09
	C	0	-0,14	0,13	7	-2,71	6	<.05
	D	0	-0,07	0,24	7	-0,78	6	NS
S2	G	0	0,07	0,18	7	0,99	6	NS
	C	0	0,04	0,28	7	0,36	6	NS
	D	0	-0,17	0,30	7	-1,48	6	NS
S3	G	0	-0,08	0,16	7	-1,31	6	NS
	C	0	0,07	0,39	7	0,45	6	NS
	D	0	0,05	0,14	7	0,9	6	NS

Tableau 18 : Tableau d'analyse (T de Student) des biais perceptifs des participants âgés en fonction du nombre de mouvements oculaires réalisés et de la position de présentation des visages.

Par ailleurs, un BP gauche est observé lorsque les visages sont présentés à Droite en condition Fixation (Tableau 18), ainsi que sur la première saccade lorsque les stimuli sont présentés au Centre (respectivement : -0,12 ; $t_{(6)} = -2,54$; $p < .05$ et -0,14 ; $t_{(6)} = -2,71$; $p < .05$). Une tendance du même type est observée sur la première saccade lorsque les stimuli sont présentés à Gauche (-0,05 ; $t_{(6)} = -1,97$; $p = .09$). Il est à noter que le biais de proximité (BP gauche pour les stimuli présentés à droite et BP droit pour les stimuli présentés à gauche) dans la condition Fixation, observé chez les participants jeunes, n'est pas présent chez les participants âgés, ceux-ci témoignant soit d'un BP Gauche soit d'une absence de BP. En outre, contrairement à ce qui a été observé chez les participants jeunes, aucun BP n'est observé chez les participants âgés à partir de la deuxième saccade.

Répartition des participants selon les divers types de BP : Gauche, Droit ou absent

Comme dans les autres expériences, tous les participants ne présentent pas un profil de réponses similaire. La répartition de leurs réponses en termes de BP a donc été étudiée et comparée à une distribution aléatoire. Les effectifs de participants dans chacune des catégories de BP (gauche, droit ou aucun) sont présentés sur le tableau 19. Etant donné l'absence d'effet du groupe d'Age sur l'IP et la faiblesse de l'échantillon de ce groupe, les participants des deux groupes d'âge ont été rassemblés pour cette analyse.

A	Fixation			S1			S2			S3		
	Gauche	Centre	Droite	Gauche	Centre	Droite	Gauche	Centre	Droite	Gauche	Centre	Droite
BPG	15,99	15,96	16,28	16,52	17,64	17,11	17,27	17,30	17,37	17,39	17,45	17,51
BPD	15,99	15,96	16,28	16,52	17,64	17,11	17,27	17,30	17,37	17,39	17,45	17,51
BP=0	7,01	7,08	6,44	5,97	3,73	4,78	4,45	4,40	4,26	4,22	4,11	3,97

B	Fixation			S1			S2			S3		
	Gauche	Centre	Droite	Gauche	Centre	Droite	Gauche	Centre	Droite	Gauche	Centre	Droite
BPG	14	19	19	13	23	24	18	22	23	19	16	20
BPD	16	8	11	14	12	9	15	12	9	16	17	14
BP=0	9	12	9	12	6	6	6	5	7	4	6	5
Khi2	0,81	9,47	2,64	7,23	4,82	6,93	0,87	2,98	7,63	0,27	1,00	1,32
p	NS	<.01	NS	<.05	.09	<.05	NS	NS	<.05	NS	NS	NS

Tableau 19 : Effectifs théoriques (A) et observés (B) tous participants confondus en fonction de leur BP (gauche, droit ou absence de BP) selon les conditions saccadiques (Fixation, S1, S2 et S3) et la position de présentation des visages (Gauche, centre et droite).

En condition de fixation de la croix centrale, une majorité de participants ne témoigne pas de BP lorsque les stimuli sont présentés à Droite ($n = 12$; $\chi^2_{(2)} = 9,47$; $p < .01$). Dès lors qu'une saccade est réalisée, la majorité des participants témoigne d'un BP gauche lorsque les stimuli sont présentés à Droite ($n = 24$; $\chi^2_{(2)} = 6,93$; $p < .05$) ou au Centre (même si dans ce dernier cas, la distribution des participants ne diffère pas statistiquement d'une distribution aléatoire, $n=23$; $\chi^2_{(2)} = 4,82$; $p = .09$). Lorsque les stimuli sont présentés à Gauche, on observe une équi-répartition des participants sur les 3 types de réponses (BP gauche, BP droit ou absence de BP) sur la première saccade. De fait, l'effectif observé de participants ne témoignant pas d'un BP diffère du hasard ($n = 12$; $\chi^2_{(2)} = 7,23$; $p < .05$). Par ailleurs, la présentation des stimuli à Droite induit un plus grand nombre de participants témoignant d'un BP gauche lors de la deuxième saccade ($n = 23$; $\chi^2_{(2)} = 7,63$; $p < .05$). Pour la troisième saccade, bien que le nombre de participants témoignant d'un BP gauche (20) soit supérieur au nombre de participants témoignant d'un BP droit (14), cette répartition des participants ne diffère pas d'une distribution aléatoire ($\chi^2_{(2)} = 1,32$; ns).

Les figures 41 et 42 ci-dessous présentent la proportion de participants jeunes et âgés témoignant d'un BP, ainsi que la fourchette de valeurs de l'IP qui en témoigne. En condition Fixation, bien qu'une plus grande proportion de participants jeunes présente un IP positif lors de la présentation des visages à gauche, une proportion non négligeable présente un IP négatif. L'inverse est observé dans le cas de la présentation des visages à Droite. Lorsque les visages sont présentés au Centre, lors de la réalisation d'une saccade, près de 40% des participants présentent un IP négatif situé entre 0 et -0,4, mais plus de 30% présentent un IP positif compris entre 0 et 0,4.

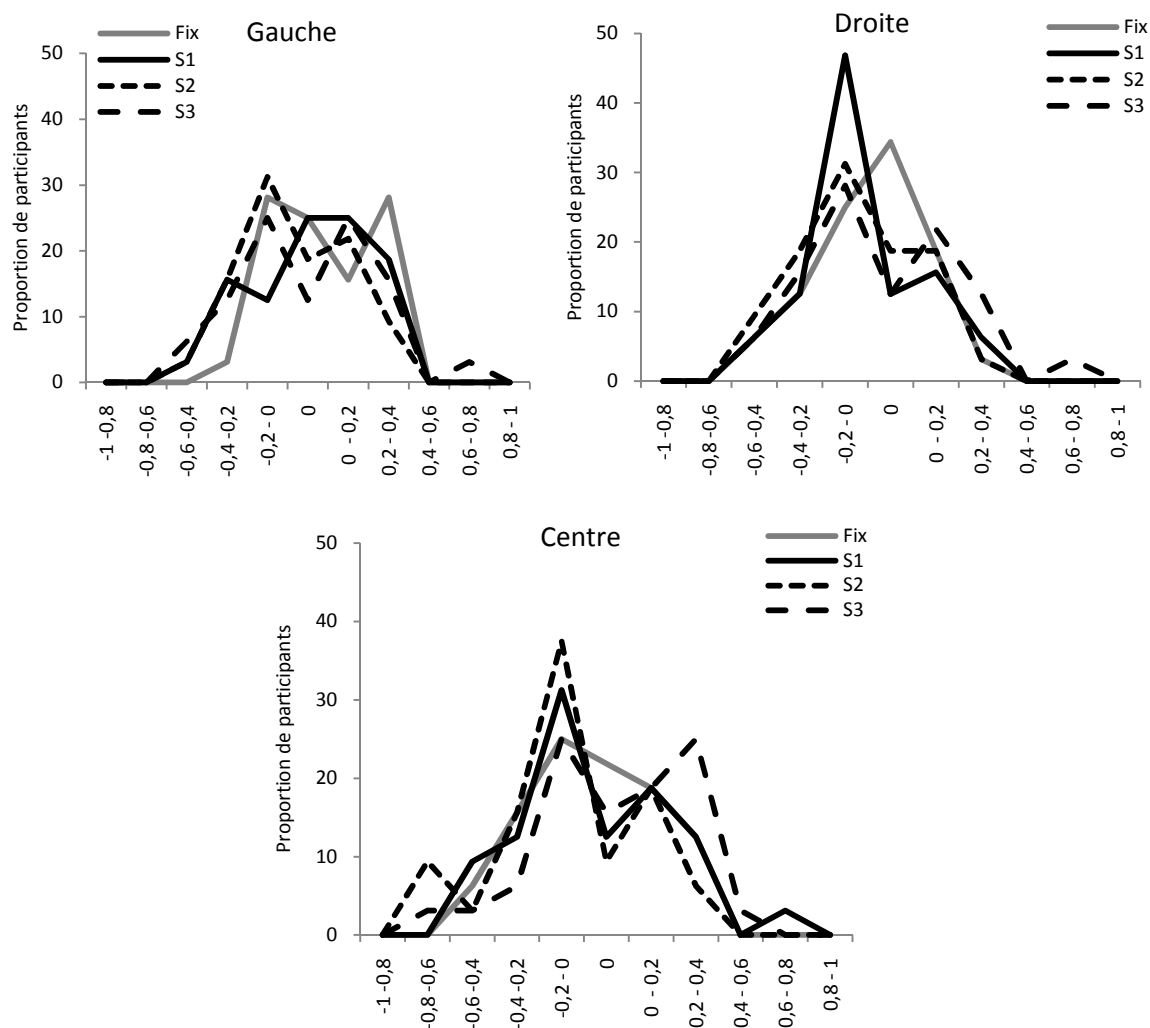


Figure 41 : Proportion (en ordonnée) de participants jeunes observées pour les différentes valeurs de l'indice perceptif (en abscisse), en fonction des positions de présentation des stimuli (gauche, centre et droite) et des conditions saccadiques (fixation : Fix ; une saccade : S1 ; deux saccades : S2 ; trois saccades : S3).

En condition Fixation, lors de la présentation des visages en position latérale (Gauche et Droite), une plus grande proportion de participants âgés présente un IP négatif (figure 42). Lors de la réalisation d'une saccade et lorsque les visages sont présentés au Centre, près de 70% des participants âgés présente un IP négatif se situant entre 0 et -0,2, tandis qu'environ 10% de participants présente un IP positif.

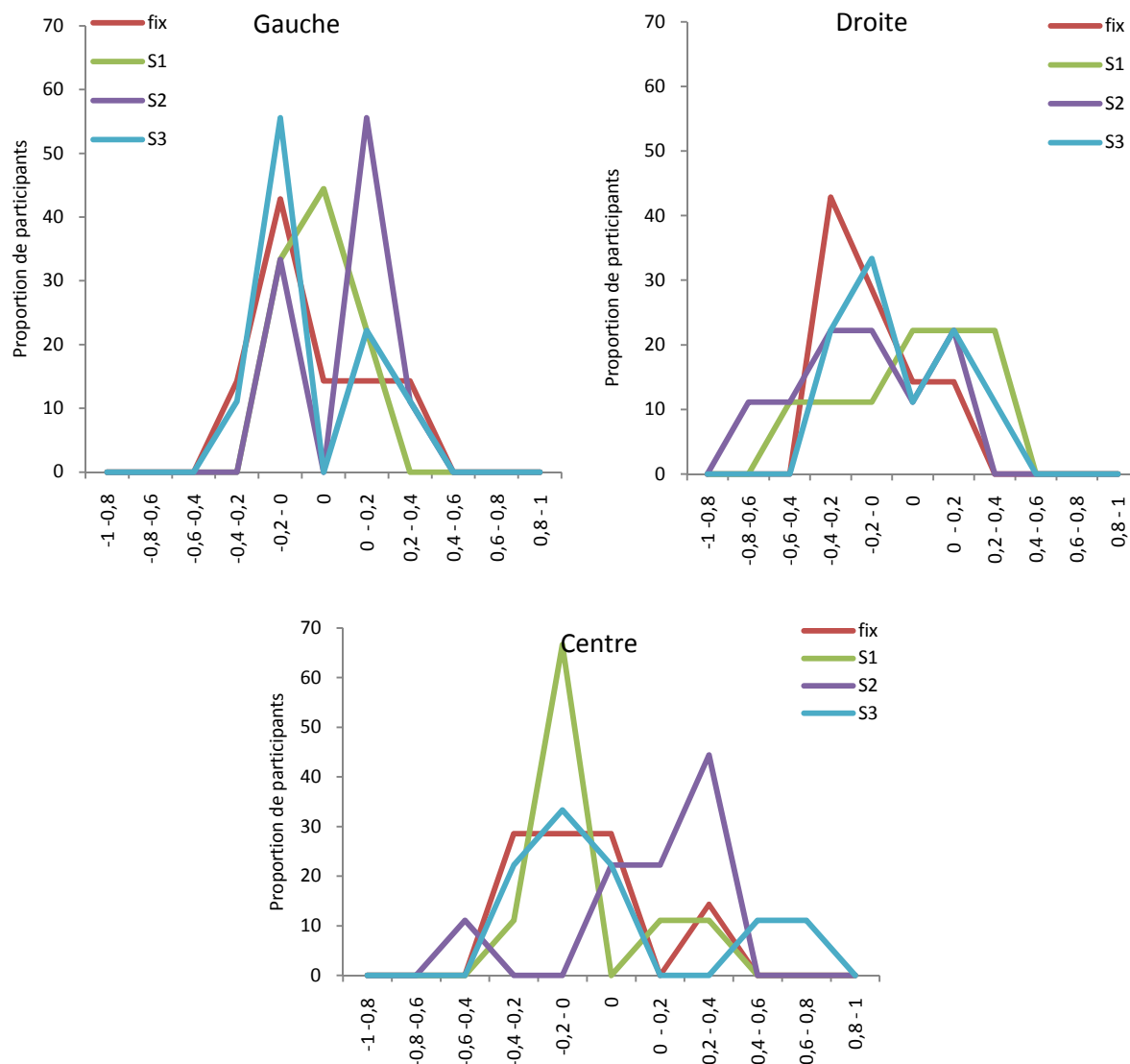


Figure 42: Proportion (en ordonnée) de participants âgés observées pour les différentes valeurs de l'indice perceptif (en abscisse), en fonction des positions de présentation des stimuli (gauche, centre et droite) et des conditions saccadiques (fixation : Fix ; une saccade : S1 ; deux saccades : S2 ; trois saccades : S3).

(2) Indice Oculomoteur (IO) et Biais Oculomoteur (BO)

Données générales

L'analyse a été réalisée sur les facteurs Âge (jeune et âgé), Position de présentation des visages (Gauche, Centre et Droite) et le Rang de la saccade (1^{ère}, 2^{ème} et 3^{ème} saccades), ainsi que sur les facteurs secondaires contrebalancés Main de réponse (Gauche et Droite) et Genre (Homme et Femme). L'ANOVA a été réalisée sur la base des données des 32 participants jeunes et 9 participants âgés ayant satisfait à toutes les conditions.

Ni le genre des participants ($F < 1$), ni la main de réponse ($F_{(1,34)} = 1,45$; ns) n'affectent l'IO. Pour cette raison et en raison de l'absence d'interaction de ces facteurs secondaires avec les facteurs principaux, ils ont été exclus des analyses suivantes.

L'IO moyen, calculé sur les 41 participants et les différentes conditions, est de $0,01 \pm 0,03$ ($t < 1$). Cet IO, proche de 0, semble indiquer que les participants ne témoignent pas de préférence pour une partie du visage (droite ou gauche). Toutefois, cet IO varie selon les positions de présentation des visages et le rang de la saccade (tableau 20).

Indices oculomoteurs		Jeunes		Agés	
		M	σ	M	σ
1 ^{ère} S	Gauche	0,53	0,56	0,80	0,39
	Centre	-0,18	0,67	-0,04	0,54
	Droite	-0,68	0,32	-0,93	0,16
2 ^{ème} S	Gauche	-0,37	0,52	-0,10	0,54
	Centre	0,20	0,57	0,19	0,49
	Droite	0,26	0,60	-0,23	0,62
3 ^{ème} S	Gauche	0,22	0,56	-0,06	0,41
	Centre	0,11	0,46	0,19	0,66
	Droite	0,12	0,54	-0,06	0,41

Tableau 20 : Indices oculomoteurs moyens et écart-types des participants jeunes et âgés en fonction des différentes conditions expérimentales.

L'âge des participants n'affecte pas l'IO, les deux groupes témoignant d'IO moyens similaires, non différent de 0 (Jeunes : $0,02 \pm 0,64$, $t < 1$ et Agés : $-0,03 \pm 0,63$, $t < 1$; $F < 1$).

En revanche, l'IO est modulé par le rang saccadique (1^{ère}, 2^{ème} ou 3^{ème} saccade ; $F_{(2,78)} = 7,84$; $p < .001$; Figure 43) : l'IO négatif observé sur la 1^{ère} saccade ($-0,10$; $t_{(40)} = -1,80$; $p = .08$) ne diffère pas de 0 mais diffère significativement ($F_{(1,39)} = 6,36$; $p < .05$) de l'IO positif observé sur la 3^{ème} saccade, lequel diffère de 0 ($0,12$; $t_{(40)} = 2,23$; $p < .05$). L'IO de la 2^{ème} saccade ne diffère pas significativement de 0 ($t < 1$).

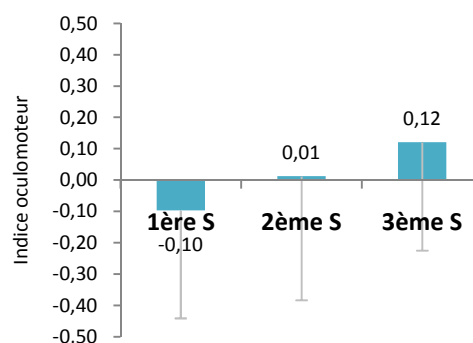


Figure 43 : Indices oculomoteurs en fonction du rang saccadique pour tous les participants.

De même, la position de présentation des visages affecte l'IO ($F_{(2,78)} = 22,34$; $p < .001$). Tous participants confondus, l'IO observé lorsque le stimulus est présenté au Centre ne diffère

pas de 0 ($0,06$; $t_{(40)} = 1,09$; ns), mais diffère significativement ($F_{(1,39)} = 47,41$; $p < .001$) de l'IO négatif qu'on observe lorsque le stimulus est présenté à Droite ($-0,17$; $t_{(40)} = -3,01$; $p < .05$). Ce dernier diffère également ($F_{(1,39)} = 35,48$; $p < .001$) de l'IO positif observé lorsque le stimulus est présenté à Gauche ($0,14$; $t_{(40)} = 2,48$; $p < .01$). Ainsi, la localisation des fixations diffère au sein des visages en fonction de la position de présentation de ces derniers.

L'interaction entre la position de présentation des stimuli et le rang de la saccade sur l'IO est statistiquement significative ($F_{(4,156)} = 34,63$; $p < .001$). Les effets de cette interaction sont présentés sur la figure 44. Lorsque les stimuli sont présentés en position latérale, on observe une nette différence de direction de l'IO selon la saccade. Ainsi, lorsque le stimulus est présenté à Gauche, la première saccade est orientée vers la partie droite du visage ($t_{(40)} = 7,02$; $p < .001$), tandis que la deuxième l'est vers la partie gauche ($t_{(40)} = -3,84$; $p < .001$; $F_{(1,39)} = 61,29$; $p < .0001$), avant que la troisième et dernière ne revienne sur la partie droite ($t_{(40)} = 1,84$; $p = .07$; $F_{(1,39)} = 6,11$; $p < .05$). Lorsque le stimulus est présenté à Droite, la première saccade est dirigée vers la partie gauche du visage ($t_{(40)} = -15,00$; $p < .0001$), la deuxième ($t < 1$) et la troisième ($t_{(40)} = 1,57$; $p = .12$; $F_{(1,39)} = 52,20$; $p < .0001$) arrivent de manière équivalente sur les deux parties du visage, l'IO observé ne différant pas de 0.

Enfin, lorsque le stimulus est présenté au Centre, la première saccade arrive aussi souvent sur la partie gauche que sur la partie droite du visage puisque l'IO négatif ne diffère pas de 0 ($t_{(40)} = -1,47$; ns), la deuxième saccade se positionne sur la partie droite du visage ($t_{(40)} = 2,38$; $p < .05$), la différence entre les IO observés sur la première et la deuxième saccades étant proche du seuil de signification statistique ($F_{(1,39)} = 3,96$; $p = .053$). La troisième saccade ne marque pas de préférence pour l'une des deux parties du visage, l'IO positif observé ne diffère pas de ($t_{(40)} = 1,63$; ns).

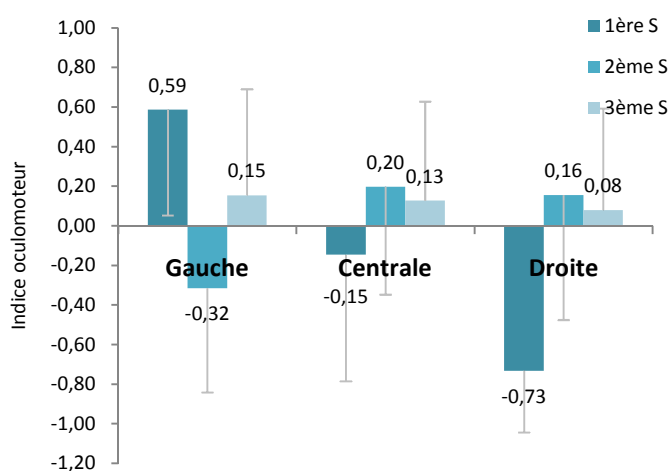


Figure 44 : Effets moyen sur l'ensemble des sujets de l'interaction entre la position de présentation des visages (gauche, centre, droite) et le rang de la saccade (première : 1^{ère} S ; deuxième : 2^{ème} S ; troisième : 3^{ème} S) sur l'indice oculomoteur.

Enfin, si le groupe d'âge n'affecte pas l'IO moyen, l'interaction entre ce facteur et la position de présentation des stimuli est statistiquement significative ($F_{(2,78)} = 7,52 ; p < .01$). Les données correspondant aux effets de cette interaction sont présentées sur la figure 45.

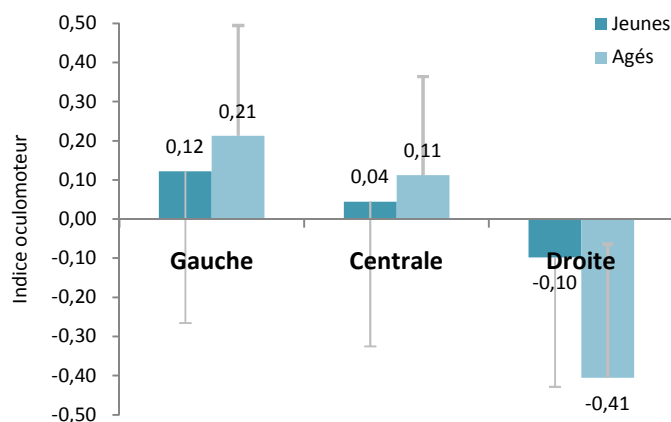


Figure 45 : Interaction entre la position de présentation des visages et l'âge des participants pour l'Indice Oculomoteur.

Les valeurs moyennes de l'IO observé sur les deux groupes d'âge ne diffèrent significativement que lorsque le stimulus est présenté à Droite ($F_{(1,39)} = 5,99 ; p < .05$), condition dans laquelle les participants âgés présentent un IO négatif traduisant un BO gauche nettement plus marqué que ce que l'on observe chez les participants jeunes (respectivement : $t_{(8)} = -3,56 ; p < .01$ et $t_{(31)} = -1,68 ; p = .10$).

Indice Oculomoteur, Biais Oculomoteur et âge des participants

L'analyse plus poussée des effets de cette interaction par la comparaison des IO observés à une absence de biais (0) indique quelques autres résultats. Tous les t ainsi calculés sont présentés sur les tableaux 21 (participants jeunes) et 22 (participants âgés).

Chez les participants jeunes, les BO semblent dépendre de la position de présentation des visages et du rang saccadique. Ainsi, chez eux, la présentation du stimulus à Gauche de la position centrale induit un BO jusqu'à la troisième saccade, les saccades oculaires témoignant de « va-et-vient » entre les parties droite et gauche du stimulus. Lors de la présentation du stimulus à Droite, un changement de la partie du visage fixée n'est présent qu'entre la première et la deuxième saccade ; lors de la troisième saccade, la position d'arrivée du regard n'indique pas de préférence pour l'une des deux parties du visage.

Lorsque le stimulus est présenté au Centre, les première et troisième saccades se positionnent de manière équivalente sur les deux parties du visage, tandis qu'un BO droit émerge lors de la deuxième saccade.

Jeunes		norme	M	σ	n	t	ddl	p
1 ^{ère} S	G	0	0,53	0,56	32	5,31	31	<.05
	C	0	-0,18	0,67	32	-1,48	31	NS
	D	0	-0,68	0,32	32	-11,8	31	<.05
2 ^{ème} S	G	0	-0,37	0,51	32	-4,11	31	<.05
	C	0	0,20	0,56	32	1,99	31	.055
	D	0	0,26	0,60	32	2,48	31	<.05
3 ^{ème} S	G	0	0,22	0,55	32	2,18	31	<.05
	C	0	0,11	0,45	32	1,35	31	NS
	D	0	0,12	0,53	32	1,23	31	NS

Tableau 21 : Analyses (T de Student) du BO pour les participants jeunes en fonction du rang de la saccade et de la position de présentation des visages.

Les participants âgés présentent un comportement oculomoteur du même type que celui des participants jeunes sur la première saccade. Lors de la présentation du stimulus à Gauche, la première saccade arrive sur la partie droite du visage, l'inverse est observé lors d'une présentation à Droite. Lorsque le stimulus est présenté au Centre, la position d'arrivée de la saccade n'est pas spécifique à un héli-visage (voir Tableau 22). Lors des deux autres saccades, aucun des IO mesurés ne diffère statistiquement de 0.

Agés		norme	M	σ	n	t	ddl	p
1 ^{ère} S	G	0	0,80	0,39	9	6,23	8	<.05
	C	0	-0,04	0,54	9	-0,25	8	NS
	D	0	-0,93	0,16	9	-16,9	8	<.05
2 ^{ème} S	G	0	-0,10	0,54	9	-0,58	8	NS
	C	0	0,19	0,49	9	1,16	8	NS
	D	0	-0,23	0,62	9	-1,12	8	NS
3 ^{ème} S	G	0	-0,06	0,41	9	-0,45	8	NS
	C	0	0,19	0,66	9	0,86	8	NS
	D	0	-0,06	0,41	9	-0,40	8	NS

Tableau 22 : Analyse (T de Student) du BO pour les participants âgés en fonction du rang de la saccade et de la position de présentation des visages.

Répartition des participants selon leur Biais Oculomoteur : Gauche, Droit ou Absent

Une comparaison de la distribution de tous les participants, dans les différentes conditions, par rapport à une distribution théorique aléatoire (voir tableau 23) a été effectuée. Compte tenu de l'absence d'effet global du Groupe d'Age et de la faiblesse des échantillons des deux groupes d'âge, ceux-ci ont été regroupés pour cette analyse. Le tableau 23 présente les effectifs théoriques et observés dans chaque condition.

A	S1			S2			S3		
	Gauche	Centre	Droite	Gauche	Centre	Droite	Gauche	Centre	Droite
BOG	17,41	18,64	18,11	18,27	18,30	18,25	18,39	18,34	18,38
BOD	17,41	18,64	18,11	18,27	18,30	18,25	18,39	18,34	18,38
BO=0	6,18	3,73	4,78	4,45	4,40	4,50	4,22	4,32	4,25

B	S1			S2			S3		
	Gauche	Centre	Droite	Gauche	Centre	Droite	Gauche	Centre	Droite
BOG	9	22	40	29	13	16	16	13	17
BOD	32	19	1	11	28	24	23	23	23
BO=0	0	0	0	1	0	1	2	5	1
Khi2	22,46	4,34	47,40	11,87	11,07	4,81	2,64	2,85	3,75
p	<.001	NS	<.001	<.01	<.01	.09	NS	NS	NS

Tableau 23 : Effectifs théoriques (A) et observés (B) du nombre de participants tous âges confondus selon l'IO (positif témoignant d'un BO droit et négatif témoignant d'un BO gauche) pour les différentes conditions expérimentales.

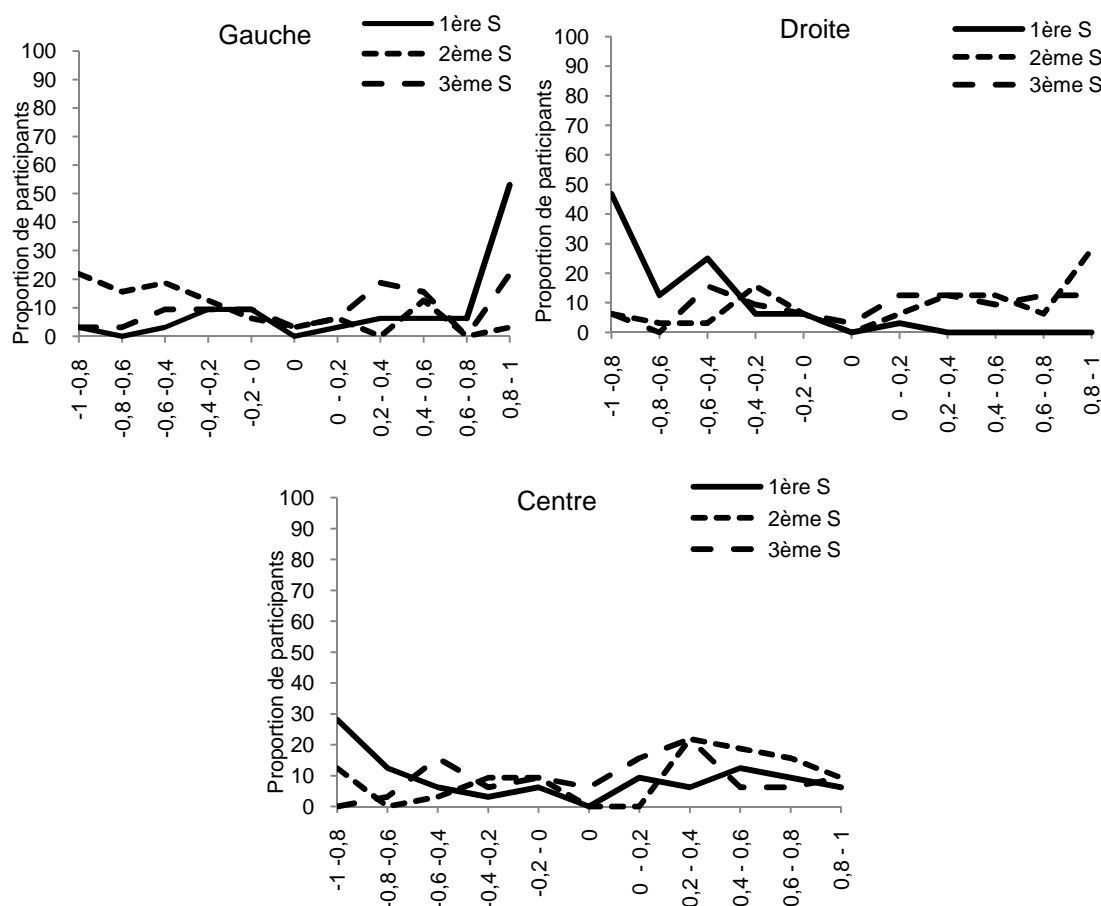
La présentation des stimuli à Gauche se traduit par une première saccade dirigée vers la partie droite du visage chez le plus grand nombre ($n = 32$; $\chi^2_{(2)} = 22,46$; $p < .001$). La présentation à Droite se traduit par une première saccade arrivant sur la partie gauche du visage chez la plupart des participants ($n = 40$; $\chi^2_{(2)} = 47,39$; $p < .001$). Lors de la présentation au Centre, les participants se répartissent en deux groupes d'effectifs équivalents, l'un ($n = 22$) orientant la première saccade vers la partie gauche du visage, l'autre ($n = 19$) l'orientant sur la partie droite du visage ($\chi^2_{(2)} = 4,34$; ns).

Lors de la deuxième saccade, un plus grand nombre de participants fixe la partie gauche des visages ($n = 29$; $\chi^2_{(2)} = 11,86$; $p < .01$) lorsqu'ils sont présentés à Gauche, et la partie droite ($n = 28$; $\chi^2_{(2)} = 11,07$; $p < .01$) lorsqu'ils sont présentés au Centre. Lorsqu'ils sont présentés à Droite, si on note un plus grand nombre de participants ($n = 24$) fixant la partie droite des visages, cet effectif ne diffère pas de l'effectif d'une distribution théorique aléatoire ($\chi^2_{(2)} = 4,81$; $p = .09$).

Lors de la troisième et dernière saccade, la répartition des participants ne traduit pas de BO particulier. Lorsque le stimulus est présenté à Gauche ou au Centre, si on observe un plus grand nombre de participants ($n = 23$ dans les deux cas) explorant la partie droite du visage,

cette répartition ne diffère pas d'une répartition aléatoire ($\chi^2_{(2)} = 2,63$; *ns* pour la position Gauche et $\chi^2_{(2)} = 2,84$; *ns* pour la position Droite). Il faut noter également que pour la position centrale, 5 participants ne témoignent d'aucune tendance à un BO. Enfin, si un plus grand nombre de participants ($n = 23$) fixe la partie droite des visages présentés à Droite, ce nombre ne diffère pas de celui que l'on observerait avec une répartition aléatoire ($\chi^2_{(2)} = 3,74$; *ns*).

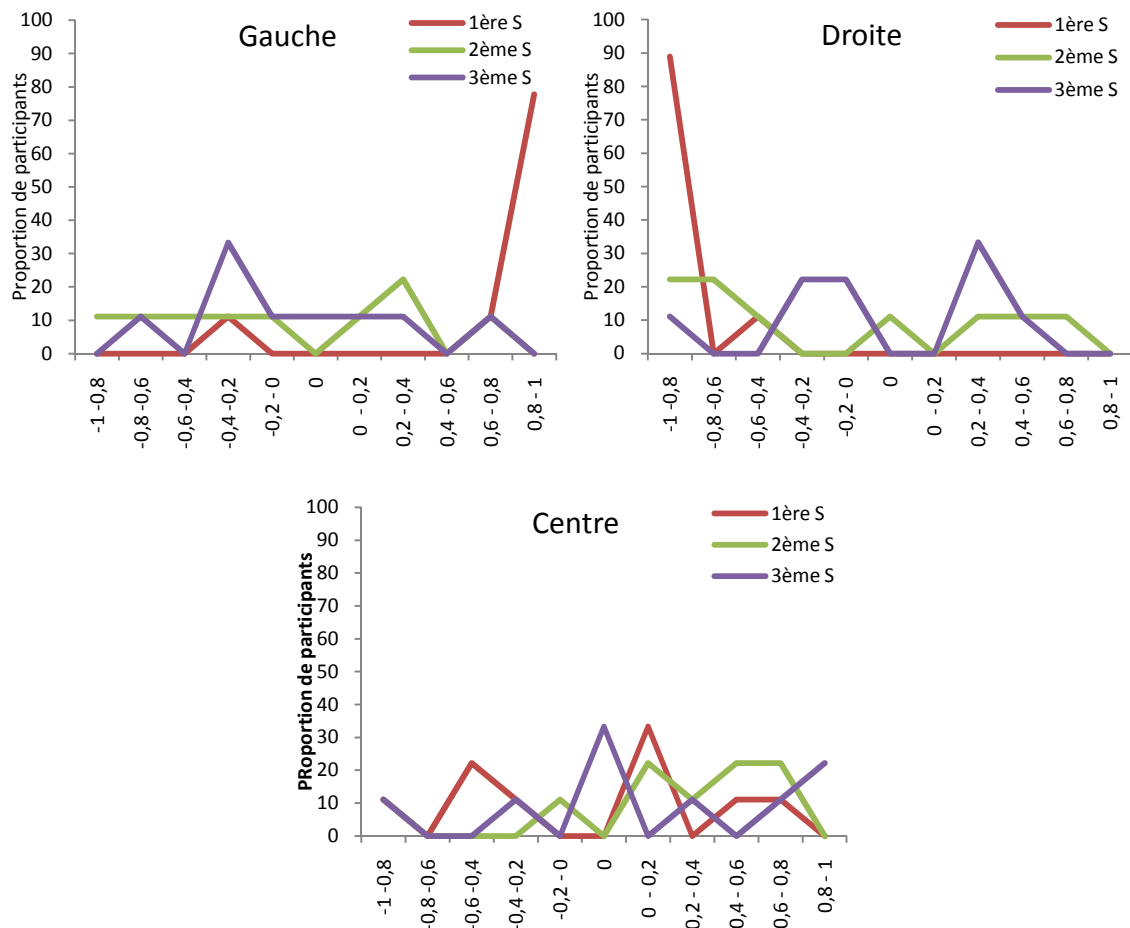
Les profils individuels des BO des participants jeunes sont représentés sur la figure 46. Lorsque les stimuli sont présentés à Gauche, près de 50% des participants jeunes présentent un IO d'une valeur comprise entre 0,8 et 1, témoignant d'un BO droit. En position Droite, cette tendance est inversée, avec près de 50% de jeunes adultes présentant un IO négatif entre -0,8 et -1, indiquant un BO gauche. Enfin, en position Centrale, les participants jeunes sont plus équi-répartis entre les différentes valeurs de l'IO.



Graphique 46 : Pourcentage des participants jeunes présentant un BO en fonction de la valeur du BO et de la position de présentation des visages.

Les profils individuels des BO des participants âgés sont représentés sur la figure 47 ci-dessous. Ainsi, lorsque le stimulus est présenté à Gauche lors de la première saccade, près de 80% des participants âgés présentent un IO d'une valeur comprise entre 0,8 et 1, témoignant d'un BO droit. Lorsque le stimulus est présenté à Droite, ce sont près de 90% des participants

âgés qui présentent un BO gauche dont l'IO se situe entre -1 et -0,8. La répartition des participants âgés lorsque le stimulus est présenté au Centre est plus équi-répartie entre les différentes valeurs.



Graphique 47 : Proportion des participants âgés en fonction de la valeur de leur BO et de la position de présentation des visages

(3) Relation entre les Biais perceptif et Oculomoteur

Comme lors des expériences précédentes, les données relatives à l'IO ont été analysées en fonction des IP observés. Ainsi, les IP ont été réparties par participant et par essai en deux catégories : les IP négatifs, témoignant d'un BP gauche et les IP positifs, témoignant d'un BP droit. L'ANOVA a été effectuée avec les facteurs Âge (Jeune et Agé), Position de présentation des visages (Gauche, Centre et Droite), Rang de la saccade (1^{ère}, 2^{ème} et 3^{ème} saccade), IP (Négatif et Positif), ainsi que les facteurs secondaires contrebalancés Main de réponse (Gauche et Droite) et Genre (Homme et Femme). Par ailleurs, une corrélation entre les IP et les IO y correspondant a été effectuée.

Le coefficient de corrélation global entre IP et IO, calculé après avoir moyenné les données de tous les participants recueillies dans toutes les conditions de présentation des visages et sur toutes les saccades, est faible et statistiquement non significatif pour les trois saccades (1^{ère} saccade : $r_{IP,IO} = -.028$; $R^2 = .0008$; $t < 1$; 2^{ème} saccade : $r_{IP,IO} = .074$; $R^2 = .005$; $t < 1$; 3^{ème} saccade : $r_{IP,IO} = .09$; $R^2 = .009$; $t < 1$). Pour les deux premières saccades, et quelle que soit la position de présentation des visages, aucune corrélation entre IP et IO n'est statistiquement significative. Ce n'est que lors de la troisième saccade, en présentation des visages à Gauche, qu'un lien modéré entre les IP et IO apparaît significatif ($IP = -0,02$ et $IO = 0,15$; $r_{IO,IP} = 0,42$; $R^2 = 0,17$; $t_{(39)} = 2,89$; $p < .01$). Ces analyses n'étant pas suffisamment fines, une analyse complémentaire (ANOVA) a été réalisée.

Comme cela est illustré par la figure 48, il apparaît que les valeurs des IO sont du même ordre et de même signe que les participants répondent en se basant sur la partie gauche (BP gauche) ou la partie droite (BP droit) des visages et ce, pour les trois saccades.

Ni le genre ($F < 1$), ni la main de réponse ($F_{(1,32)} = 1,93$; ns) n'affectent l'IO. Pour cette raison et en l'absence d'interaction avec un des facteurs principaux, ces facteurs secondaires n'ont pas été inclus dans les analyses suivantes.

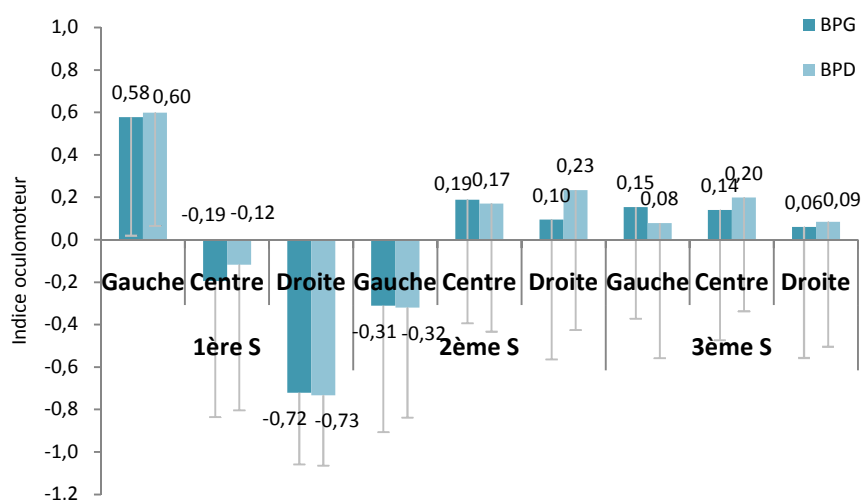


Figure 48 : Indices oculomoteurs (en ordonnée) en fonction des positions de présentation du visage (Gauche, centre, Droite) et du rang de la saccade (1^{ère} S, 2^{ème} S et 3^{ème} S) lorsque la réponse perceptive témoigne d'un biais perceptif gauche (BPG) ou droit (BPD).

L'IP n'affecte pas l'IO ($F < 1$), et n'interagit avec aucun des autres facteurs.

Le rang de la saccade affecte l'IO ($F_{(2,74)} = 7,63$; $p < .01$), tout comme la position de présentation des visages ($F_{(2,74)} = 20,01$; $p < .001$). L'âge n'affecte pas l'IO ($F < 1$), mais interagit avec la position de présentation des visages ($F_{(2,74)} = 6,72$; $p < .001$). Enfin, le rang de la saccade et la position interagissent ($F_{(4,148)} = 34,39$; $p < .001$). Ces différents effets étant similaires à ceux décrits dans la partie 2 portant sur l'IO – à savoir un phénomène de « va-et-vient » du regard

pour les positions latérales et un BO droit pour les visages au Centre lors de la deuxième saccade – ils ne seront pas plus détaillés ici.

Le tableau 24 décrit les analyses du biais oculomoteur en fonction des différentes conditions expérimentales. Chez les participants jeunes, les profils de BO sont similaires pour les deux premières saccades. Ainsi, que le BP soit gauche ou droit, lors de la première saccade, lorsque les visages sont présentés à Gauche, un BO droit est noté, et à l'inverse, lorsqu'ils sont présentés à Droite, un BO gauche est observé. La tendance inverse est relevée lors de la deuxième saccade. Lorsque les visages sont présentés à Gauche, celle-ci arrive principalement du côté gauche des visages et inversement lorsque ceux-ci sont présentés à Droite. Sur la troisième saccade, une seule condition diffère entre les deux BP : lorsque le visage est présenté au Centre, on note alors que le BP droit s'accompagne d'un BO droit ($t_{(31)} = 2,19$; $p < .05$).

Participants jeunes		norme	M	σ	n	t	ddl	p	
BPG	1 ^{ère} S	G	0	0,51	0,59	32	4,92	31	<.001
		C	0	-0,22	0,66	32	-1,87	31	.07
		D	0	-0,67	0,35	32	-10,7	31	<.001
	2 ^{ème} S	G	0	-0,36	0,58	32	-3,51	31	<.01
		C	0	0,21	0,58	32	2,03	31	.051
		D	0	0,20	0,63	32	1,81	31	.08
	3 ^{ème} S	G	0	0,19	0,55	32	1,99	31	.054
		C	0	0,08	0,57	32	0,75	31	NS
		D	0	0,12	0,62	32	1,11	31	NS
		norme	M	σ	n	t	ddl	p	
BPD	1 ^{ère} S	G	0	0,54	0,55	32	5,53	31	<.001
		C	0	-0,15	0,71	32	-1,20	31	NS
		D	0	-0,67	0,34	32	-11,02	31	<.001
	2 ^{ème} S	G	0	-0,39	0,51	32	-4,27	31	<.001
		C	0	0,16	0,62	32	1,46	31	NS
		D	0	0,32	0,64	32	2,84	31	<.01
	3 ^{ème} S	G	0	0,13	0,67	32	1,12	31	NS
C		0	0,20	0,52	32	2,20	31	<.05	
D		0	0,10	0,61	32	0,97	31	NS	

Tableau 24 : Analyse (t de Student) du biais oculomoteur en fonction de la position de présentation, du rang saccadique pour les réponses perceptives gauche et droite pour les participants jeunes.

Chez les participants âgés, les réponses perceptives (en termes de BP) n'influencent pas la manière d'explorer le visage (en termes de BO) (cf. tableau 25). Les BO sont similaires, que le BP soit droit ou gauche. Tout comme cela est décrit chez les participants jeunes, lors de la

première saccade, la présentation de visages à Gauche induit un BO droit, alors que la présentation des visages à Droite, induit un BO gauche et ce, que le BP soit gauche ou droit.

Participants âgés			norme	M	σ	n	t	ddl	p
BPG	1 ^{ère} S	G	0	0,81	0,38	9	6,44	8	<.001
		C	0	-0,11	0,61	9	-0,55	8	NS
		D	0	-0,91	0,18	9	-14,81	8	<.001
	2 ^{ème} S	G	0	-0,13	0,63	9	-0,61	8	NS
		C	0	0,12	0,61	9	0,56	8	NS
		D	0	-0,29	0,61	9	-1,43	8	NS
	3 ^{ème} S	G	0	0,01	0,43	9	0,09	8	NS
		C	0	0,37	0,72	9	1,53	8	NS
		D	0	-0,16	0,58	9	-0,82	8	NS
			norme	M	σ	n	t	ddl	
BPD	1 ^{ère} S	G	0	0,80	0,41	9	5,76	8	<.001
		C	0	0,00	0,61	9	0,021	8	NS
		D	0	-0,95	0,16	9	-18,69	8	<.001
	2 ^{ème} S	G	0	-0,08	0,50	9	-0,49	8	NS
		C	0	0,20	0,57	9	1,07	8	NS
		D	0	-0,07	0,67	9	-0,32	8	NS
	3 ^{ème} S	G	0	-0,12	0,47	9	-0,76	8	NS
C		0	0,18	0,623	8	0,82	7	NS	
D		0	0,02	0,53	9	0,09	8	NS	

Tableau 25 : Analyse (t de Student) du biais oculomoteur en fonction de la position de présentation, du rang saccadique pour les réponses perceptives gauche et droite pour les participants âgés.

(4) Paramètres saccadiques

(a) Position d'arrivée

L'analyse suivante a été effectuée sur la base des données issues de l'exploration des visages chimériques. Elle portait sur les facteurs Âge des participants (Jeune et Agé), Position de présentation des visages (Gauche, Centre et Droite), Rang saccadique (1^{ère}, 2^{ème} et 3^{ème} saccade), ainsi que sur les facteurs secondaires Main de réponse (Gauche et Droite) et Genre (Homme et Femme).

L'IO (traduisant le BO) fournit des informations concernant l'hémi-visage sur lequel la saccade arrive, mais ne donne pas d'indication sur la localisation exacte de la première fixation au sein du visage. La coordonnée X moyenne pour le centre des visages a été calculée pour

chaque position de présentation afin de mesurer l'ampleur du déplacement de l'œil par rapport au plan vertical médian du visage. Une coordonnée X négative indique une position d'arrivée située à gauche du centre du visage observé, alors qu'une coordonnée X positive indique une position d'arrivée située à droite du centre du visage observé. Enfin, ces coordonnées moyennes ont été converties en degrés.

Ni la main de réponse ($F < 1$), ni le genre des participants ($F < 1$) n'affectent la position d'arrivée des saccades et ces facteurs n'interagissent avec aucun des facteurs principaux. Ils ont donc été exclus des analyses suivantes.

Malgré une différence entre les positions d'arrivée des participants jeunes ($0,07 \pm 0,43^\circ$) et âgés ($-0,07 \pm 0,25^\circ$), celle-ci n'est pas statistiquement significative ($F < 1$).

La position de présentation des visages induit des positions d'arrivées différentes ($F_{(2,78)} = 26,18$; $p < .001$) et interagit avec l'âge des participants ($F_{(2,78)} = 4,35$; $p < .05$). Ainsi, pour la position Centrale, les saccades arrivent légèrement à droite du centre du visage ($0,10^\circ$). Pour la position Gauche, les saccades arrivent également à droite du centre du visage ($0,36^\circ$), alors que pour la position Droite, elles arrivent du côté gauche ($-0,46^\circ$) (comparaisons Centre vs. Droite : $F_{(1,39)} = 46,98$; $p < .0001$; Centre vs. Gauche : $F_{(1,39)} = 8,40$; $p < .01$; Gauche vs. Droite : $F_{(1,39)} = 30,37$; $p < .0001$). L'interaction de ce facteur avec l'âge des participants se manifeste essentiellement pour une présentation à Droite. En effet, les participants âgés présentent alors une position d'arrivée des saccades plus proche du centre des visages que les participants jeunes (respectivement : $-0,20^\circ$ vs. $-0,72^\circ$; $F_{(2,78)} = 4,35$; $p < .05$).

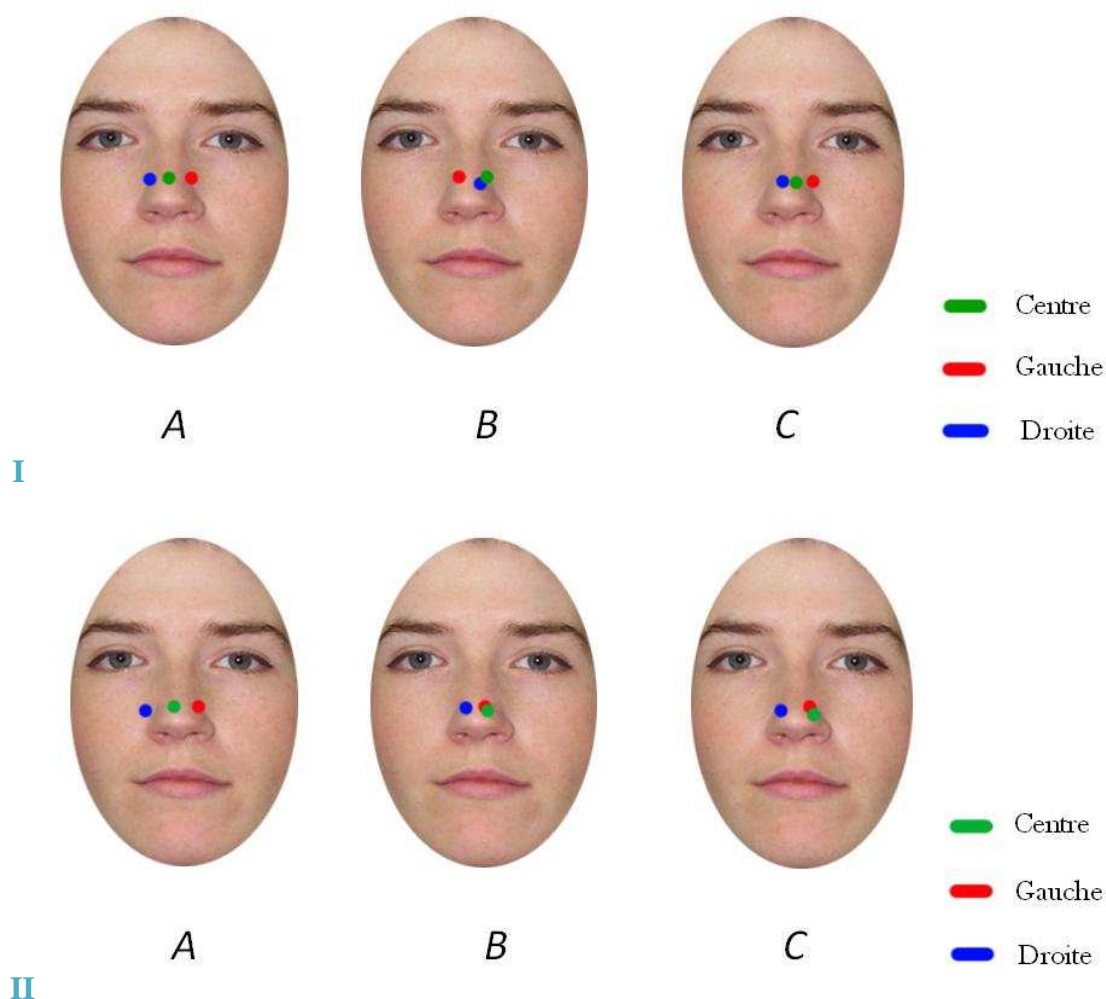


Figure 49 : Positions d'arrivée moyennes des saccades pour les participants jeunes (I) et âgés (II) selon la position de présentation des visages et le rang de la saccade : A : 1^{ère} Saccade, B : 2^{ème} Saccade et C : 3^{ème} saccade.

Selon leur rang (1^{ère}, 2^{ème} et 3^{ème} saccade), les saccades n'arrivent pas au même endroit au sein du visage ($F_{(2,78)} = 4,64$; $p < .05$). Si la position d'arrivée de la première saccade se situe légèrement à gauche du centre du visage ($-0,11^\circ$), tandis que la deuxième saccade arrive autour du centre ($0,02^\circ$), cette différence de position n'est pas statistiquement significative ($F_{(1,39)} = 2,37$; ns). De même, la position d'arrivée de la troisième saccade se situe sur la partie droite du visage, à $0,09^\circ$ de son centre (comparaison S2 et S3 : $F < 1$). La seule différence statistiquement significative concerne la comparaison des positions d'arrivée de la première (à gauche du centre du visage) et troisième (à droite du centre du visage) saccades ($F_{(1,39)} = 4,13$; $p < .05$).

Néanmoins, l'interaction entre les facteurs Rang de la saccade et Position ($F_{(4,156)} = 16,87$; $p < .001$) indique qu'il est important de considérer ces deux facteurs conjointement (voir Figure 49). Ainsi, la première saccade arrive légèrement à gauche du centre des visages présentés au Centre ($-0,10^\circ$), à gauche du centre des visages présentés à Droite ($-0,96^\circ$) et à

droite du centre des visages présentés à Gauche ($0,74^\circ$) (comparaisons Centre vs. Droite : $F_{(1,39)} = 27,21$; $p < .001$; Centre vs. Gauche : $F_{(1,39)} = 40,46$; $p < .001$; Gauche vs. Droite : $F_{(1,39)} = 108,75$; $p < .001$). La deuxième saccade arrive à droite du centre du visage présenté au Centre ($0,20^\circ$), légèrement à gauche du centre pour les visages présentés à Droite ($-0,04^\circ$) et également à gauche du centre pour les visages présentés à Gauche ($-0,11^\circ$), mais les différences observées ne sont pas statistiquement significatives. Enfin, la position d'arrivée de la 3^{ème} saccade sur les visages présentés au Centre se situe sur la partie droite des visages ($0,21^\circ$). Pour les visages présentés à Droite, cette position d'arrivée se situe à gauche du centre du visage ($-0,37^\circ$) ; pour la présentation des visages à Gauche, elle se situe à droite des visages ($0,44^\circ$) (comparaison Centre vs. Droite : $F_{(1,39)} = 11,57$; $p < .01$; Gauche vs. Droite : $F_{(1,39)} = 8,89$; $p < .01$ et Centre vs. Gauche : $F_{(1,39)} = 1,42$; *ns*).

En résumé, la position d'arrivée de la première saccade est similaire pour les deux groupes de participants, mais varie en fonction de la position de présentation des visages. Lorsque les visages sont présentés à Gauche, un nombre plus important de premières saccades arrive sur la partie droite des visages tandis que lorsqu'ils sont présentés à Droite, c'est sur la partie gauche qu'en moyenne arrivent les premières saccades. Lorsque le visage est présenté au Centre, les saccades arrivent de manière équivalente sur les parties gauches et droites des visages.

Une analyse plus fine des positions d'arrivée des saccades est présentée sur la figure 50. On voit que, pour les deux groupes de participants, lorsque le visage est présenté à Gauche, le plus grand nombre de saccades arrive dans la région du nez, puis dans celle de l'œil droit. Lorsque le visage est présenté à Droite, c'est également sur le nez que se situe l'arrivée de la majorité des saccades, l'œil gauche étant la région qui fait l'objet d'une exploration saccadique moindre mais tout de même importante. Lorsque le visage est présenté au Centre, on observe une différence entre les deux groupes d'âge. Ainsi, alors que les saccades des participants jeunes arrivent principalement autour de l'œil gauche, puis dans les régions du nez et de l'œil droit, chez les participants âgés, ce sont les régions du nez, puis de la bouche et enfin de l'œil gauche sur lesquelles arrivent le plus grand nombre de saccades.

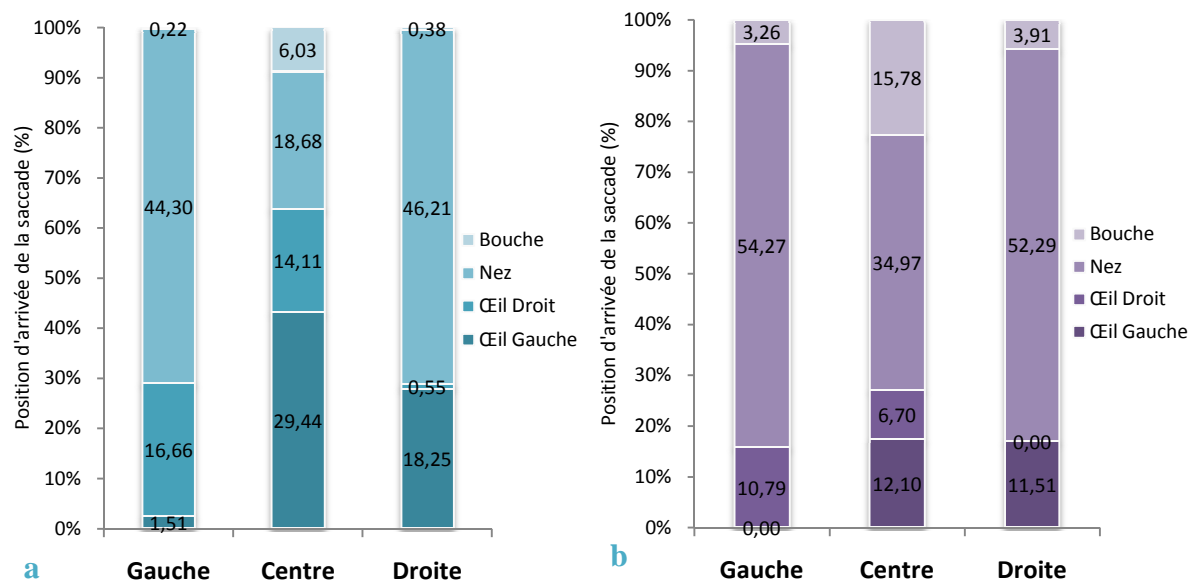


Figure 50 : Positions d'arrivées de la première saccade sur les différentes aires d'intérêt en fonction de la position de présentation pour les participants jeunes (a) et âgés (b). Certaines fixations arrivant entre deux aires d'intérêt, la somme des positions d'arrivée n'équivaut pas à 100%.

(b) Latences

Les facteurs de l'ANOVA sont l'Âge des participants (Jeunes et Agés), la Position de présentation des visages (Haut et Bas), le Rang de la saccade (1^{ère}, 2^{ème} et 3^{ème} saccade), ainsi que les facteurs secondaires contrebalancés Main de réponse (Gauche et Droite) et Genre (Homme et Femme).

Ni la main de réponse ($F < 1$) ni le genre des participants ($F_{(1,34)} = 2,36$; ns) n'affectent les latences saccadiques. En l'absence d'effet du facteur main de réponse et d'interaction avec un autre facteur principal, ce facteur secondaire a été exclu des analyses suivantes.

Toutefois, le genre des participants interagit avec le rang saccadique ($F_{(2,68)} = 5,95$; $p < .01$). Comme on peut le voir sur la figure 51, les latences des hommes augmentent avec le rang de la saccade (1^{ère} S vs. 2^{ème} S : $F_{(1,37)} = 5,94$; $p < .05$ et 2^{ème} S vs. 3^{ème} S : $F_{(1,37)} = 12,66$; $p < .01$), ce qui n'est pas le cas pour les femmes (1^{ère} S vs. 2^{ème} S : $F < 1$ et 2^{ème} S vs. 3^{ème} S : $F_{(1,37)} = 1,26$; ns).

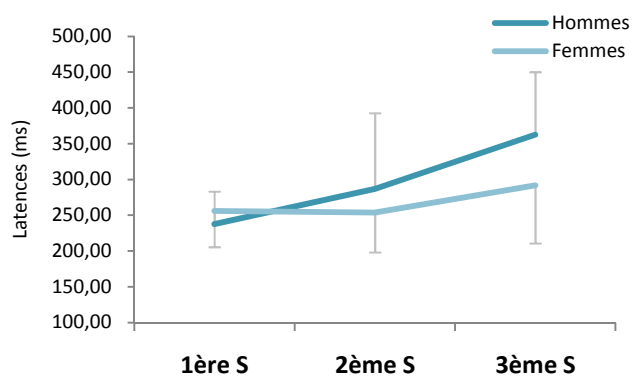


Figure 51 : Latences (ms) de la première à la troisième saccade en fonction du genre des participants.

Bien que les latences saccadiques soient plus courtes chez les participants jeunes ($274,6 \pm 58,1$ ms) que chez les participants âgés ($306,96 \pm 58,05$ ms), cette différence d'environ 30 ms n'est pas statistiquement significative ($F_{(1,37)} = 2,35$; *ns*).

Les latences des trois saccades diffèrent de l'une à l'autre ($F_{(2,74)} = 20,80$; $p < .001$). De même, les latences saccadiques diffèrent en fonction de la position de présentation des visages ($F_{(2,74)} = 66,01$; $p < .001$) et ces deux facteurs interagissent ($F_{(4,148)} = 11,55$; $p < .001$).

Ainsi, les latences sont de plus en plus longues d'une saccade à l'autre (1ère S : 247,24 ms, 2ème S : 270,70 ms et 3ème S : 327,85 ms) (1ère S vs. 2ème S : $F_{(1,39)} = 3,56$; $p = .06$; 2ème S vs. 3ème S : $F_{(1,39)} = 11,08$; $p < .01$; 1ère S vs. 3ème S : $F_{(1,39)} = 15,87$; $p < .001$; cf. figure 60).

Par ailleurs, les latences saccadiques sont plus longues lorsque le visage est présenté au Centre que lorsqu'il est présenté à Droite (334,60 ms vs. 251,58 ms ; $F_{(1,39)} = 64,42$; $p < .0001$) ou à Gauche (259,61 ms ; $F_{(1,39)} = 64,20$; $p < .0001$). En revanche, pour ces deux positions latérales de présentation des visages, les latences ne diffèrent pas ($F_{(1,39)} = 2,24$; $p = .14$).

Si l'on détaille ce résultat saccade par saccade, il apparaît que, sur toutes les saccades, les latences sont plus longues lorsque le visage est présenté au Centre que lorsqu'il est présenté latéralement : à Gauche (1ère S : $F_{(1,39)} = 65,85$; $p < .0001$, 2ème S : $F_{(1,39)} = 6,39$; $p < .05$ et 3ème S : $F_{(1,39)} = 10,62$; $p < .001$) ou à Droite (1ère S : $F_{(1,39)} = 73,63$; $p < .0001$, 2ème S : $F_{(1,39)} = 20,31$; $p < .001$ et 3ème S : $F_{(1,39)} = 5,65$; $p < .05$).

Par ailleurs, les latences augmentent avec le nombre de saccades lorsque le visage est présenté à Droite (1ère S vs. 2ème S : $F_{(1,39)} = 9,07$; $p < .01$, 2ème S vs. 3ème S : $F_{(1,39)} = 12,6$; $p < .01$) alors que lorsque le visage est présenté à Gauche, la latence saccadique n'augmente qu'entre la première et la deuxième saccade (1ère S vs. 2ème S : $F_{(1,39)} = 12,94$; $p < .001$; 2ème S vs. 3ème S : $F_{(1,39)} = 1,58$; *ns*). Lorsque le visage est présenté au Centre, on observe en revanche une diminution de la latence de la deuxième saccade par rapport à celle de la première (1ère S vs. 2ème

S : $F_{(1,39)} = 3,16$; $p = .08$). La troisième saccade induit des latences plus longues que la deuxième ($F_{(1,39)} = 4,83$; $p < .05$).

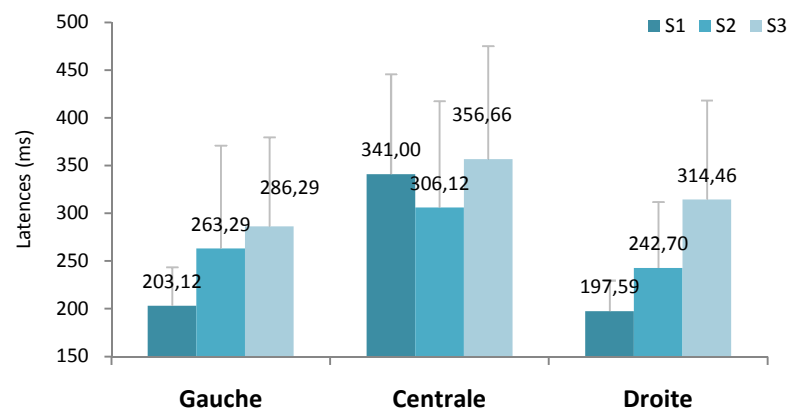


Figure 52 : Latences (ms) des saccades en fonction du rang saccadique et de la position de présentation pour tous les participants.

d) Discussion

Dans cette expérience, la comparaison des biais perceptif et oculomoteur a porté sur des visages chimériques présentés au centre de l'écran (position de présentation utilisée notamment par Butler et al. au cours de leurs différentes études, 2005, 2006 & 2008) ou en positions latérales (Gauche et Droite), de manière parafovéale, les visages se situant alors entièrement dans l'hémi-champ visuel gauche ou droit. Nous avons également étudié l'évolution de ces biais en lien avec le nombre de saccades réalisées pour explorer les visages (1, 2 et 3 saccades selon les essais).

Globalement, un BP gauche est noté quels que soient les facteurs considérés : position de présentation, âge des participants et condition saccadique. Néanmoins, ces facteurs influencent différemment ce BP, c'est pourquoi il est important de les détailler.

Les IP sont négatifs et similaires entre les deux groupes d'âge. Cependant la comparaison de leurs valeurs indique que, bien que similaires, seule l'IP des participants jeunes diffère de 0, témoignant ainsi d'un BP gauche, alors que l'IP des participants âgés ne diffère pas de 0. Ces résultats sont en accord avec nos hypothèses, fondées sur les travaux de Butler et al. (2005 & 2008) notamment. L'IP apparaît plus faible chez les adultes âgés. Toutefois, il est important de rappeler la faiblesse du nombre de participants âgés dans cette expérience. Globalement, la variabilité interindividuelle étant importante, en particulier concernant les participants âgés, il convient de considérer ces résultats avec prudence. L'influence de la condition saccadique diffère quelque peu en fonction de l'âge des participants. Contrairement à nos hypothèses prédisant un BP gauche apparaissant plus précocement chez les personnes jeunes que chez les personnes âgées, ces dernières présentent un IP négatif, témoignant d'un BP gauche, dès l'exécution de la première saccade, comme les adultes jeunes. On peut noter que dans cette expérience, une tendance à un BP gauche chez les participants âgés est rapportée dès la condition Fixation, sans la réalisation de mouvements oculaires et pour un temps de présentation bref ($235,71 \pm 51,91$ ms), résultat qui n'est pas observé chez les participants jeunes. Alors que chez les participants jeunes cet IP s'intensifie avec la réalisation d'une deuxième saccade, il tend vers 0 chez les participants âgés. Enfin, il n'est pas observé lors de l'exécution d'une troisième saccade pour les deux groupes. Ainsi, bien que globalement les résultats apparaissent en accord avec les travaux de Butler et al. (2005 & 2006), indiquant une augmentation de l'ampleur du BP avec la possibilité d'explorer le visage, cela ne semble pas être vrai lorsque les résultats sont étudiés plus en détail, notamment en fonction de l'âge des participants.

L'examen de l'effet de la position de présentation en fonction du nombre de saccades réalisées révèle des résultats tout à fait intéressants. Comme dans la première expérience, les participants jeunes présentent un BP de proximité lorsqu'ils n'exécutent aucune saccade. Les participants effectuent la tâche de jugement de genre en se basant plus fréquemment sur la partie droite des visages présentés à Gauche, et réciproquement, lorsque les visages sont présentés à Droite, ils se basent plus souvent sur leur partie gauche. Cela n'est pas observé chez les participants âgés : seul un BP gauche est présent lors de la présentation des visages à Droite. Il est à noter que la position Gauche n'induit pas de tendance à un IP positif (pas de BP droit), mais à un IP négatif, bien que celui-ci ne diffère pas significativement d'une absence de BP. Deux explications peuvent être avancées pour expliquer ce résultat. Etant donné la tendance à un IP négatif pour les deux positions latérales, indiquant l'utilisation préférentielle de la partie gauche des visages pour effectuer le jugement de genre, il se peut que ce résultat soit à mettre en relation avec une réduction de la vitesse de traitement de l'information observée au cours du vieillissement (Salthouse, 1996 ; Li et al., 2009 ; Cabeza, 2013). Chez les jeunes, l'HG pourrait collaborer plus facilement ou rapidement avec l'HD – spécialisé dans le traitement des visages –, collaboration qui serait plus difficile ou plus longue à mettre en œuvre pour les adultes âgés (Salthouse, 1996 ; Li et al., 2009 ; Cabeza, 2013). Il faudrait alors considérer le cas où l'exploration des visages serait plus longue, comme chez Butler et al. (2008). Par ailleurs, ce résultat pourrait être mis en lien avec le modèle du déclin de l'HD (Dolcos et al., 2002) et résulter de la réduction de la dominance de l'HD pour le traitement des visages.

Chez les adultes jeunes, le BP gauche de proximité est toujours présent en position Droite lors de l'exécution d'une et de deux saccades, alors que le BP droit pour la position Gauche n'est plus observé au-delà de la condition Fixation. Le BP gauche décrit par Butler et al. (2005, 2006 & 2008) pour la position centrale n'apparaît que lors de l'exécution de la deuxième saccade dans cette expérience. Aucun BP n'est observé lors de l'exécution de trois saccades. Chez les participants âgés, le BP gauche pour la position centrale apparaît significativement lors de l'exécution d'une seule saccade, mais disparaît dès la réalisation de deux saccades, plus aucune position de présentation n'induisant alors de BP. Le BP gauche observé lors de la présentation du visage à Droite en condition Fixation disparaît dès lors qu'une saccade est exécutée. Aucun BP n'est observé lorsque les visages sont présentés à Gauche.

Ce BP non robuste, observé uniquement pour deux conditions expérimentales chez les adultes âgés, et non observé au-delà de l'exécution d'une saccade, pourrait s'expliquer par une réduction des asymétries hémisphériques, comme décrite par le modèle HAROLD (Cabeza, 2002). Le BP gauche lors de la perception des visages étant considéré comme un reflet de la spécialisation de l'HD pour le traitement des visages (modèle du déclin de l'HD ; Dolcos, 2002),

sa disparition au cours du vieillissement pourrait également être liée à une réduction de cette spécificité de l'HD.

Toutefois, les différences rapportées au cours de cette expérience peuvent être liées à la variabilité interindividuelle des réponses perceptives, rapportées dans les expériences précédentes. En effet, bien qu'une plus grande proportion de réponses basées sur la partie gauche des visages soit notée, une proportion non négligeable de réponses basées sur la partie droite des visages est également observée, ainsi qu'une certaine proportion de réponses sans préférence pour la partie gauche ou droite des visages. De même, la valeur de l'IP, témoignant de l'importance du BP et de sa signification n'est pas la même chez tous les participants pour une même condition, certains pouvant présenter un biais important (IP d'une grande valeur) vers la gauche, d'autres vers la droite et certains n'en présentant aucun. Ces différentes valeurs « extrêmes » peuvent alors « biaiser » les résultats relatifs au BP moyen dans un sens particulier. Il est dès lors important de considérer les BP en fonction de la méthode employée (la position de présentation et le nombre de mouvements oculaires réalisés et, en conséquence, la durée de présentation des visages), mais également en fonction de cette variabilité interindividuelle.

L'IO ne diffère pas en fonction de l'âge des participants, indiquant ainsi une exploration des visages similaire quel que soit l'âge. Cela est confirmé par l'analyse réalisée sur les positions d'arrivée des saccades, puisque celles-ci sont similaires entre les deux groupes. Comme lors des deux expériences précédentes et comme dans les travaux de Peterson et Eckstein (2012), la position de présentation des visages affecte l'IO. Un BO de proximité est observé pour les positions latérales : l'arrivée de la première saccade se fait sur l'hémi-visage le plus proche de la croix de fixation centrale. Cela se traduit par une arrivée sur la partie gauche des visages présentés à Droite, et l'arrivée sur la partie droite des visages présentés à Gauche. Ce biais pourrait donc être lié à une association de deux effets : celui du centre de gravité décrit par Bindemann et al. (2009) pour la perception des visages, qui serait donc, au moins en partie, lié au stimulus exploré, et au phénomène de sous-visée saccadique (décrit par Kapoula, 1985), qui est lié aux propriétés de la saccade et à sa tendance à une hypermétrie en fonction de la localisation du stimulus à atteindre. De même, lorsque le visage est présenté au Centre, la position d'arrivée de la première saccade sur le visage se situe en moyenne légèrement à gauche de son centre, comme indiqué par Butler et al. (2005). Quelle que soit la position de présentation, la deuxième saccade a tendance à arriver sur l'autre partie du visage par rapport à la fixation initiale au sein du visage, alors que la troisième saccade a tendance à arriver légèrement à droite du centre du visage. Tout comme pour l'IP traduisant le BP, une certaine variabilité interindividuelle est observée sur l'IO, comme l'ont déjà rapporté Peterson et

Eckstein (2013). Ces auteurs ont mis en évidence des points de fixation optimaux différents selon les individus, mais ne modifiant pas pour autant les performances lors d'une tâche d'identification de visages.

Enfin, comme nous l'avons noté dans les deux expériences précédentes, l'exploration oculaire est similaire selon les réponses perceptives – que le BP soit gauche ou droit – tout au long de l'exploration des visages, chez les participants jeunes comme chez les participants âgés. Cela renforce l'hypothèse d'une absence de lien entre l'exploration oculomotrice et la réponse perceptive.

Influence des positions de présentation des visages sur un axe horizontal sur les biais perceptif et oculomoteur : Résumé des résultats

- Globalement, un BP gauche est observé toutes conditions confondues chez les jeunes adultes et non chez les adultes âgés,
- Le BP est sensible à la position de présentation et à la condition saccadique :
 - Un BP de proximité est observé chez les jeunes et non chez les âgés pour les positions latérales,
 - Un BP gauche moyen n'est observé chez les jeunes adultes que lors des 1^{ère} et 2^{ème} saccades,
 - Un BP gauche moyen est observé chez les adultes âgés que lors de l'exécution de la 1^{ère} saccade,
 - On n'observe pas de BP sur la 3^{ème} saccade,
- Le BO ne diffère pas en fonction de l'âge des participants, mais dépend de la position de présentation des visages avec une combinaison des effets du centre de gravité et de sous-visée saccadique,
- Le BO dépend du rang de la saccade : l'exploration oculaire se fait au moyen de « va-et-vient » entre les deux parties du visage (gauche et droite),
- Le BP et le BO ne sont pas liés.

DISCUSSION GENERALE

IV. DISCUSSION GENERALE

A. RAPPEL DES OBJECTIFS DE LA THESE

L'état de l'art réalisé au début de ce travail de thèse a mis en évidence certaines incohérences concernant le biais perceptif (BP) gauche, à savoir l'utilisation préférentielle des informations issues de la partie gauche¹ des visages pour effectuer un traitement. Ces incohérences sont observées aussi bien dans la proportion de participants le présentant, qu'en fonction des conditions expérimentales (ex. tâche, durée d'exposition du visage, position de présentation). Dans la plupart des études, le BP est testé par la présentation de visages chimériques, c'est-à-dire des visages composés de deux héli-visages différant selon une caractéristique : l'âge, le genre, l'expression... La partie du visage (gauche ou droite) utilisée pour effectuer la tâche permet de déterminer si l'observateur présente un BP gauche ou droit. Certains auteurs ont ainsi montré la présence d'un BP gauche lorsque les visages chimériques étaient présentés en position centrale (Butler & Harvey, 2005, 2006), alors que d'autres utilisant la même position de présentation ne l'ont pas observé (Phillips & David, 1997), certains rapportant même une certaine proportion de réponses basées sur la partie droite des visages, témoignant d'un BP droit (Yovel et al., 2008). Par ailleurs, de nombreuses études ne restreignaient pas les temps de présentation (Butler & Harvey, 2008 ; Coolican et al., 2008 ; Phillips & David, 1997), les visages pouvant alors être affichés pendant 5 secondes. Enfin, peu d'études se sont, à ce jour, penchées sur l'évolution de ce BP au cours du vieillissement (Butler & Harvey, 2008 ; Coolican et al., 2008). Ces études n'utilisant pas les mêmes méthodes, notamment en termes de position de présentation et de durée d'exposition, il est difficile d'en tirer des interprétations claires et robustes.

Les mêmes observations peuvent être formulées à l'égard du biais oculomoteur (BO) gauche, à savoir la tendance à initier l'exploration des visages par leur partie gauche¹ et / ou à fixer plus fréquemment et / ou plus longtemps la partie gauche¹. Ce BO n'a pas toujours été étudié selon les mêmes méthodes (ex. position de présentation des visages, point de départ de la saccade et durée d'exposition du visage). Cette disparité pouvait alors conduire à des interprétations différentes concernant son origine : lié à l'asymétrie hémisphérique droite pour le traitement des visages pour certains auteurs (Guo et al., 2009) ou aux contraintes du système saccadique pour d'autres (Arizpe et al., 2012 ; Peterson & Eckstein, 2013). En outre, ces études

¹ Dans ce travail de thèse, nous ne parlons que du point de vue de l'observateur.

ne contrôlaient pas toujours le nombre de mouvements oculaires réalisés (Butler et al., 2005 ; Phillips & David, 1997 ; Yovel et al., 2008).

Par ailleurs, l'étude conjointe de ces deux biais (BP et BO) a rarement été réalisée auprès d'adultes jeunes, et encore moins chez les adultes âgés.

Ce travail de thèse a donc été motivé par la volonté d'apporter des éléments de clarification concernant le BP, le BO et leur lien potentiel, chez des adultes jeunes, mais également au cours du vieillissement normal, dans la mesure où deux modèles suggèrent une réduction des asymétries hémisphériques dans le traitement des visages (Modèle HAROLD de Cabeza, 2002 et Modèle de déclin de l'HD de Dolcos et al., 2002). Trois expériences ont été proposées à des adultes jeunes et âgés afin d'étudier le BP et le BO de manière séparée – dans le but de comprendre les mécanismes à leur origine – mais également conjointe – afin d'étudier leur lien éventuel. Nous avons donc construit des visages chimériques composés de deux hémisvisages différant par le genre. Ces stimuli ont été présentés avec des visages normaux (Expériences 1 & 2) ou seuls (Expériences 3) lors d'une tâche de jugement de genre. Nous avons plus particulièrement étudié l'impact de la position de présentation des visages sur l'occurrence des biais perceptif et oculomoteur, en les présentant en position centrale (Expérience 3) ou périphérique – Haut (Expérience 1 & 2), Bas (Expérience 1 & 2), Gauche et Droite (Expérience 1 & 3). Par ailleurs, le nombre de mouvements oculaires autorisé a été modulé et contrôlé au sein de ces différentes expériences. Ainsi, la tâche pouvait être réalisée sans l'exécution de mouvements oculaires (Expériences 1, 2 & 3), en exécutant une (Expériences 1, 2 & 3), deux ou trois saccades (Expériences 2 & 3). Enfin, les temps de présentation des stimuli ont été ajustés aux capacités des jeunes adultes et des adultes âgés à effectuer la tâche avec un bon niveau de performances.

B. RESUME ET IMPLICATION DES RESULTATS EXPERIMENTAUX

1. CONTRAINTES LIEES A LA TACHE

Avant de résumer les principaux résultats de ce travail de thèse, il est important d'évoquer certaines contraintes liées à la tâche. En effet, un certain nombre de participants âgés n'est pas parvenu à réaliser la tâche expérimentale, le dispositif d'enregistrement des mouvements oculaires étant contraignant. Le menton et le front reposaient sur un appui-tête et seule une lampe d'appoint était allumée, ce qui a incommodé ces participants. Certains participants ne sont parvenus à réaliser qu'une partie de la tâche expérimentale. Par ailleurs, lors de l'analyse des résultats de certains participants âgés ayant réalisé la totalité de l'expérience, il apparaît que le bloc Fixation était échoué. En effet, des saccades étaient détectées

lors de cette condition « Fixation », malgré la consigne explicite de ne pas effectuer de mouvements oculaires. Ces importantes difficultés à inhiber des saccades réactives sont à rapprocher des résultats rapportés dans la littérature, notamment par Peltsch et al. (2011). Au cours d'un paradigme d'anti-saccade, ces auteurs ont observé une nette augmentation avec l'avancée en âge du nombre de saccades réactives non inhibée. Enfin, l'ensemble des participants âgés, et certains participants jeunes, ont exprimé spontanément à la fin de la passation de la tâche expérimentale une importante fatigue visuelle.

Rappelons également que les visages chimériques présentés aux participants ont été explorés de manière similaire aux visages normaux. En outre, il convient de noter que la tâche de jugement de genre a été correctement réalisée : les pourcentages de bonnes réponses lors de la présentation de visages normaux étaient significativement supérieurs au seuil du hasard pour l'ensemble des conditions expérimentales, et ce dans les deux groupes de participants, même si pour atteindre ce niveau de performance, les adultes âgés ont eu besoin de durées de présentation des stimuli plus longues que les jeunes adultes.

2. LIEN ENTRE LES BIAIS PERCEPTIF ET OCULOMOTEUR

Le lien entre les biais perceptif et oculomoteur a notamment été décrit par Butler & Harvey (2005) lors d'une tâche de jugement de genre sur des visages chimériques. Ces auteurs ont exploré le lien entre la position d'arrivée de la saccade dans le visage (hémi-visage gauche ou droit) et la partie du visage (gauche ou droite) utilisée pour effectuer le jugement de genre. Ils ont observé que globalement, les saccades avaient tendance à arriver du côté gauche des visages, quelle que soit la partie du visage sur laquelle les participants se basaient pour répondre (partie gauche ou droite). Ils ont donc par la suite étudié ce lien en prenant en compte la proportion totale de fixations effectuées sur les parties gauche et droite des visages. Lorsque la réponse perceptive était de type BP gauche, une plus grande proportion de saccades arrivant sur la partie gauche des visages était notée, comparé à la situation lorsque la réponse perceptive était de type BP droit. En outre, ils ont noté que la proportion de fixations à gauche lorsque les participants présentaient un BP gauche était plus importante que la proportion de fixations à droite lorsque les participants présentaient un BP droit. Butler & Harvey (2005) ont alors conclu à une association entre BO gauche et BP gauche. Ce lien subtil n'a toutefois pas été trouvé dans les autres recherches portant sur l'étude conjointe de ces deux biais (Grega et al., 1988 ; Phillips & David, 1997).

L'un des résultats majeurs de ce travail de thèse, est la mise en évidence d'une absence de lien entre les biais perceptif et oculomoteur. Cette absence de lien a tout d'abord été montrée par l'absence de corrélations entre les BP et BO calculés pour les différentes conditions saccadiques. Par la suite, la recherche de relations entre ces deux biais a été réalisée en séparant pour chaque participant les essais correspondant à des réponses de type BP gauche des réponses de type BP droit. Le BO associé à ces deux catégories de réponses a alors été analysé et nous avons montré qu'il ne dépendait pas du BP. Ce résultat, observé dans les trois expériences de cette thèse, indique clairement que l'exploration des visages reste similaire quelle que soit la partie du visage utilisée pour effectuer un jugement de genre. Cela est vrai lorsqu'on considère les données issues de la première saccade (i.e. première fixation au sein du visage), ou lorsqu'on prend en compte la séquence des saccades (i.e. l'ensemble des fixations au sein du visage). Par ailleurs, cette absence de relation entre biais perceptif et biais oculomoteur est observée tant à la fois chez les adultes jeunes, que chez les adultes âgés et ce, pour toutes les conditions de présentation des visages (i.e. position de présentation et nombre de saccades réalisées pour explorer le visage). A notre connaissance, un tel résultat n'avait encore jamais été mis en évidence à ce jour. Cette stabilité dans le temps (quel que soit le nombre de saccades), ainsi que cette « robustesse » (trois expériences différentes), indiquent que ces deux biais ne résultent pas d'un processus cognitif unique, mais qu'ils sont sous-tendus par des mécanismes différents (effet combiné du rang et du centre de gravité pour le BO et spécialisation de l'HD pour le traitement des visages pour le BP), que nous détaillerons plus finement par la suite (IV.B.3 ci-dessous & 4 ci-dessous).

Cette absence de lien entre les biais perceptif et oculomoteur soulève des questionnements. Il semble en effet contre-intuitif que l'hémi-visage le plus fixé ne soit pas systématiquement utilisé pour effectuer le jugement de genre.

Les résultats relevés au cours des différentes tâches de ce travail arguent en faveur de processus différents sous-tendant les biais perceptif et oculomoteur. Si le BP gauche semble lié, au moins en partie, à une dominance de l'HD pour le traitement des visages, le BO apparaît lié aux contraintes du système visuel et oculomoteur.

En effet, la position d'arrivée de la première saccade se situe toujours près du centre du visage, comme cela a pu être précédemment mis en évidence par Bindemann et al., (2009), Saether et al. (2009) ou encore Hsiao & Cottrell (2008). Cette position d'arrivée est fortement dépendante de la position de départ de la saccade. Ainsi, quelle que soit la position de présentation du stimulus, cette première saccade est orientée vers l'hémi-visage le plus proche du point de fixation initial (par exemple, l'hémi-visage droit lorsque les visages sont présentés à gauche et l'hémi-visage gauche lorsqu'ils sont présentés à droite). Cette fixation initiale sur la

partie du visage la plus proche en excentricité serait induite par un biais de « proximité ». Ces résultats sont concordants avec ceux d'Armann & Bühlhoff (2009), lesquels ont observé, dans des tâches de comparaisons de genre et d'identité de visages, que les participants fixaient essentiellement la partie du visage la plus proche du point de fixation central. Ces données suggèrent que le BO sur la première saccade n'est pas dépendant de la tâche, mais qu'il résulte d'une combinaison de l'effet du centre de gravité (Bindemann et al., 2009) et du phénomène de sous-visée saccadique (Arizpe et al. 2012).

Par ailleurs, comme cela a été montré par Arizpe et al. (2012), le pattern d'exploration des visages dépend de la position de départ (fixation initiale) de la première saccade. La deuxième fixation a tendance à arriver du côté opposé à la première, alors que la troisième saccade a tendance à être dirigée vers la partie du visage fixée initialement, tout en étant de plus faible amplitude que les saccades précédentes. Bien que les positions d'arrivée des saccades se situent toujours autour du centre du visage, les observateurs déplacent leur regard d'un côté du visage à l'autre, à l'aide de mouvements de « va-et-vient ».

En ce qui concerne le BP gauche communément rapporté dans la littérature (Bava et al., 2005 ; Burt & Perrett, 1997 ; Butler & Harvey, 2005, 2006, 2008 ; Grega et al., 1988 ; Rhodes, 1985), il n'est globalement observé ici que chez les participants jeunes (voir IV.B.3 ci-dessous), il ne l'est pas chez les participants âgés. Ainsi, ce BP gauche étant lié à une dominance de l'HD pour le traitement des visages, son affaiblissement au cours du vieillissement serait un marqueur de la réduction des asymétries hémisphériques (Modèle *HAROLD*, Cabeza, 2002 et Modèle du Déclin de l'HD, Dolcos et al., 2002). Le BO restant inchangé avec l'avancée en âge (voir IV.B.4 ci-dessous) est un argument de plus en faveur d'une absence de lien entre les biais perceptif et oculomoteur.

Peu de recherches se sont jusqu'ici penchées sur l'étude du lien entre BP et BO. Leurs résultats ne sont pas tous en accord. Ainsi, certains auteurs ont observé un BP gauche, mais non associé à un BO gauche (que ce soit sur la première fixation ou la durée totale de fixation) (Grega et al., 1988), alors que d'autres auteurs ont observé un BO gauche, mais pas de BP gauche (Phillips & David, 1997). Seuls Butler et al. (2005) ont trouvé un lien subtil entre ces deux biais en effectuant des analyses portant sur le BO correspondant aux réponses perceptives gauche et droite. Leurs analyses indiquaient une absence de lien sur la première saccade, mais également que les participants témoignant d'un BP gauche avaient tendance à fixer plus souvent et plus longtemps le côté gauche des visages, lien non observé chez les participants témoignant d'un BP droit. Au cours de ce travail, nous n'avons pas observé ce lien, si subtil soit-il. Outre la variabilité interindividuelle que nous rapportons ici, avec un nombre important de participants présentant un BP droit ou une absence de BP, il se peut que l'exécution de trois saccades ne soit

pas suffisante à l'émergence du lien entre ces deux biais et que la réalisation d'un plus grand nombre de saccades (et en conséquent, une plus longue durée de présentation des visages) soit nécessaire. En effet, dans leur expérience, Butler et al. (2005) ont présenté les visages durant 2 secondes. Toutefois, Phillips & David (1997) n'ont pas observé ce lien malgré une durée de présentation de 5 secondes. Ils ont interprété ce résultat comme étant dû à la disparition d'un lien présent initialement, suite à une durée d'exposition trop longue.

Néanmoins, les résultats de ce travail sont concordants avec les études précédentes n'ayant pas mis en évidence de relation claire et robuste entre les biais perceptif et oculomoteur (Grega et al., 1988 ; Phillips & David, 1997 ; Saether et al., 2009). Nous insistons sur l'importance à prendre en considération la méthode employée pour étudier ces biais (par exemple, la position de présentation) et les profils individuels de réponses des participants (Peterson & Eckstein, 2012, 2013).

3. BIAIS PERCEPTIF

Selon certains auteurs, le BP gauche serait une expression de la dominance de l'HD pour le traitement des visages et par conséquent un signe d'asymétrie hémisphérique (Bava et al., 2005 ; Coolican et al., 2008 ; Levy et al., 1972 ; Mattingley et al., 1994 ; Sergent & Bindra, 1981 ; Yovel et al., 2008). Toutefois, il peut être modulé par différents paramètres, notamment la méthode employée pour l'étudier ou le sens de lecture des participants (Luh, Rueckert, & Levy, 1991 ; Megreya & Havard, 2011 ; Moreno et al., 1990 ; Yovel et al., 2008). Pour étudier le BP, nous avons construit des visages chimériques composés de deux héli-visages différant par leur genre, comme dans l'expérience de Butler & Harvey (2005). Nous les avons présentés à différentes positions : en position centrale (comme Butler & Harvey (2005)) et en positions périphériques (Haut, Bas, Gauche et Droite). En moyenne (toutes conditions confondues), le BP gauche rapporté par Butler & Harvey (2005) est observé chez les participants jeunes dans chacune des trois expériences de cette thèse. Mais ce n'est pas le cas chez les participants âgés, qui ne témoignent d'aucun BP moyen, qu'il soit gauche ou droit. En effet, ces derniers ne présentent pas de BP (gauche ou droit) moyen. En nous basant sur les données portant sur la réduction des asymétries hémisphériques au cours du vieillissement (Cabeza, 2002 ; Dolcos et al., 2002 ; Grady et al., 1994 ; Stuss & Knight, 2013) et en considérant que le BP gauche est l'expression de la dominance de l'HD pour le traitement des visages, ce résultat suggère donc que cette dominance de l'HD pour le traitement des visages diminue avec l'avancée en âge.

Néanmoins, plusieurs éléments viennent nuancer le résultat de ce travail. En effet, bien que globalement un BP gauche soit noté pour les participants jeunes, ce BP dépend fortement des conditions expérimentales. La position de présentation des visages est un des facteurs modulant ce BP. En effet, lorsque les participants demeurent fixés sur la croix de fixation centrale, la présentation des visages en position latérale donne lieu à un BP de proximité. Celui-ci s'exprime par l'utilisation de la partie du visage la plus proche du point de fixation central pour la réalisation du jugement de genre. Ainsi, lorsque le visage est présenté à gauche de la croix de fixation, les participants jeunes se basent sur la partie droite du visage pour effectuer le jugement de genre, présentant alors un BP droit, et inversement. Néanmoins, ce biais de proximité n'est pas retrouvé chez les personnes âgées, bien qu'une tendance soit notée dans les deux expériences utilisant ces positions de présentation latérales.

Concernant les autres positions de présentation des visages, lors de la réalisation de saccades, les participants jeunes présentent un BP gauche pour les visages présentés en Haut et en Bas, alors que là encore, les participants âgés ne présentent de BP pour aucune de ces deux positions. Enfin, la position Centrale induit globalement (tous participants et conditions saccadiques confondus) un BP gauche, en cohérence avec les résultats des études précédentes ayant utilisé cette position de présentation (Butler & Harvey, 2006, 2008 ; Butler et al., 2005). Mais là encore, ce résultat n'est vrai que chez les participants jeunes.

Les différentes études portant sur le BP (Bava et al., 2005 ; Butler & Harvey, 2006, 2008 ; Butler et al., 2005 ; Coolican et al., 2008 ; Grega et al., 1988 ; Luh et al., 1991 ; Phillips & David, 1997) n'ont pas toujours pris en compte l'influence des mouvements oculaires et notamment du nombre de saccades sur l'émergence du BP, facteur important parce qu'il permet de moduler le BP. Globalement, dans nos expériences, chez les participants jeunes, le BP gauche émerge et s'accroît avec le nombre de saccades exécutées, ce qui rejoint les résultats de Butler & Harvey (2006, 2008) et Butler et al. (2005) mettant en évidence une accentuation du BP gauche lorsque la durée de présentation des visages augmente. Par ailleurs, lorsqu'on étudie le BP en fonction des conditions saccadiques, il semble plus long à émerger chez les personnes âgées que chez les personnes jeunes, ce qui est là encore, cohérent avec les résultats de Butler & Harvey (2008).

Finalement, le BP variant selon la position de présentation des visages et le nombre de saccades exécutées, il semble plus pertinent de ne pas le considérer comme un BP global et systématique, comme cela a pu être fait dans les études précédentes (ex. Bava et al., 2005 ; Butler & Harvey, 2006, 2008 ; Butler et al., 2005 ; Coolican et al., 2008), mais en le détaillant selon les conditions expérimentales.

En outre, il est important d'insister sur la différence entre l'importance du BP (en termes de valeur de l'IP, liée à la fréquence des réponses basées sur l'une ou l'autre partie des visages chimériques) et le nombre de participants présentant ce BP. En effet, les différences observées au sein d'une même condition entre l'ampleur du BP et le nombre de participant le présentant, ainsi que les différences relevées entre nos diverses expériences, nous incitent à prendre en considération les différences interindividuelles comme un phénomène important et déterminant, alors que jusqu'ici il a été peu pris en compte (Moreno et al., 1990 ; Yovel et al., 2008). Nos trois expériences témoignent de cette variabilité interindividuelle, les participants ne présentant pas tous le même profil de réponses perceptives (BP) au sein d'une même condition expérimentale : certains participants peuvent présenter un BP gauche, d'autres un BP droit ou d'autres encore aucun BP. Face à ces résultats, on pourrait avancer l'hypothèse de réponses « aléatoires ». Néanmoins, les bonnes performances observées lors de la tâche de jugement de genre sur les visages normaux (tant chez les participants jeunes que chez les âgés), ainsi que les similitudes d'exploration des visages normaux et chimériques, permettent d'affirmer que la tâche de jugement de genre a été correctement réalisée par tous les participants.

Finalement, il apparaît que la variabilité interindividuelle observée au cours de ces différentes expériences n'est pas due à des réponses aléatoires des participants, mais est bien un phénomène à part entière, à prendre en considération lorsqu'on étudie le BP.

Nos résultats arguent donc en faveur d'un BP non robuste et non constant, et nous incitent à exclure la généralisation de ce phénomène. Cette variabilité a d'ailleurs déjà été décrite, notamment par Yovel et al. (2008). Ces auteurs ont mis en évidence une corrélation entre l'importance de l'asymétrie hémisphérique dans le traitement des visages, qu'ils ont mesuré par l'importance de l'activation de la FFA droite et / ou gauche selon les participants, et le BP. Dans leur étude, les personnes présentant la plus grande activation de la FFA droite étaient également celles qui présentaient le BP gauche le plus prononcé. De surcroît, parmi 6 de leurs participants présentant un BP droit, 2 présentaient une activation de la FFA gauche plus importante.

En conséquence, certaines personnes peuvent présenter un IP proche de 1 ou -1, signifiant alors qu'elles se basent totalement ou presque sur une des deux parties du visage pour effectuer leur jugement de genre. Il suffit ensuite de quelques participants présentant ce profil dans une condition et / ou dans une expérience pour que les scores moyens de l'IP, et par conséquent le BP, apparaissent différent de zéro, sans pour autant concerner l'ensemble de l'échantillon, à fortiori, de la population. Le nombre de participants présentant un BP gauche ou droit est un autre indicateur à prendre en compte. En effet, dans certaines conditions, il est

possible d'observer plus de participants avec un BP droit, mais là encore il suffit de quelques participants présentant une importante valeur d'IP négatif pour que la moyenne indique un IP négatif ou un IP proche de zéro. Ces résultats sont concordants avec ceux de Butler & Harvey (2006), lesquels ont indiqué que 23% de leur échantillon de participants présentaient un BP droit, alors que chez Yovel et al. (2008), cette proportion s'élevait à 35%. A notre connaissance, seules les études de Moreno et al. (1990) et de Yovel et al. (2008) rapportent la présence de participants témoignant d'une absence de BP. Saether et al. (2009) ont avancé deux hypothèses pour répondre à la présence de ces différents BP : 1) lors d'une tâche de jugement de genre les deux parties du visage, gauche et droite, étaient d'importance égale ; 2) les personnes diffèrent grandement entre elles en ce qui concerne leur biais perceptif. Nos résultats sont en accord avec cette dernière affirmation. L'étude de Yovel et al. (2008) a permis d'établir une corrélation entre le BP et l'asymétrie des activations du gyrus fusiforme. Bien que nous n'ayons pas été en mesure de tester cette hypothèse, il est probable que le BP de chaque participant soit lié à son profil d'activation des aires cérébrales impliquées dans le traitement des visages.

Finalement, le BP serait partiellement lié à la dominance de l'HD pour le traitement des visages, tout en étant modulé par des facteurs externes à l'observateur, comme la position de présentation des visages, le nombre de saccades exécutées et des facteurs internes, relevant de la variabilité interindividuelle. Cette variabilité semble également toucher la réduction des asymétries hémisphériques observée au cours du vieillissement, phénomène se développant à un rythme différent selon les individus et augmentant certainement la variabilité interindividuelle déjà présente. Malgré cela, le phénomène de compensation (Cabeza, 2013) permet aux personnes âgées d'accomplir les tâches de manière performante.

Le BP ne serait donc pas robuste et reste à prendre en considération avec prudence, et ne nous paraît pas, en l'état actuel, pouvoir être considéré comme général.

4. BIAIS OCULOMOTEUR ET POSITION D'ARRIVEE DE LA SACCADÉ

Le BO indique la partie du visage, gauche ou droite, la plus fréquemment fixée. Il est important de rappeler que l'IO traduit la fréquence à laquelle cette partie du visage est fixée et ne donne donc pas d'indication sur la position précise d'arrivée de la saccade dans l'hémi-visage. De nombreux auteurs (Butler et al., 2005 ; Guo et al., 2009, 2011, 2010 ; Hsiao & Cottrell, 2008) ont montré l'existence d'un BO gauche lors de l'exploration des visages. Ce biais pouvait s'exprimer par la position d'arrivée de la première fixation et / ou par l'ensemble des fixations situées sur la partie gauche du visage.

Globalement, au cours de nos trois expériences, l'âge des participants n'affecte pas le BO. Cela constitue un argument en faveur d'un BO gauche non lié, ou en tout cas non uniquement lié à une dominance de l'HD pour le traitement des visages, cette dominance s'amenuisant au cours du vieillissement (Cabeza, 2002 ; Dolcos et al., 2002 ; Grady et al., 1994 ; Li et al., 2009). Le BO est modulé par la position de présentation des visages. L'étude d'Arizpe et al. (2012) a précédemment mis en évidence l'importance de la position de départ de la saccade sur l'exploration des visages. Néanmoins, dans leur étude, la position de départ de la saccade était située sur le contour du visage et non en dehors de celui-ci. Avec une position de départ de la saccade centrale commune à toutes les expériences, et la présentation de visages en périphérie, nous avons pu mettre en évidence l'importance de la position de présentation des visages pour des distances plus grandes. Un effet de proximité pour les positions latérales est observé, avec une position d'arrivée située sur l'hémi-visage le plus proche en excentricité du point de fixation initial, comme cela a déjà été observé par Arizpe et al. (2012) et Peterson & Eckstein (2013). En outre, la position d'arrivée moyenne se situe autour du centre du visage, tout comme dans les études de Bindemann et al., (2009), Hsiao & Liu, (2012) et Hsiao & Cottrell (2008). La combinaison de ces deux effets, du phénomène de sous-visée saccadique (Kapoula, 1985), et de l'effet du centre de gravité (Bindemann et al., 2009) indiquent que le BO n'est pas lié à la dominance de l'HD pour le traitement des visages, mais est bien lié aux contraintes du système visuel et oculomoteur.

Un autre facteur modulant le BO est le rang de la saccade, se traduisant par des différences de durée d'exploration des visages. Lorsque plusieurs saccades sont exécutées, le regard des participants effectuent des « va-et-vient » entre les deux hémi-visages, tout en restant concentré autour du centre du visage. Ce phénomène de « va-et-vient » est particulièrement marqué pour les positions latérales (ex. BO droit, puis gauche, puis droit). Ainsi, lorsque les visages sont présentés à gauche, la deuxième saccade est orientée vers la partie gauche des visages, alors que lorsque celui-ci est présenté à droite, cette même saccade est orientée vers la partie droite. L'exploration oculaire dépend donc de la position d'arrivée de la première saccade au sein du visage, laquelle dépend de la position de présentation des visages. Selon Arizpe et al. (2012), cette incidence peut être observée jusqu'à la 5^{ème} saccade, d'où l'importance de considérer la position de présentation des visages, mais également le rang de la saccade lorsqu'on étudie le BO et la position d'arrivée des saccades.

Tout comme pour le BP évoqué précédemment, l'ampleur de l'IO (nombre d'essais au cours desquels le participant a fixé la partie gauche vs. la partie droite), témoin du BO, est à dissocier du nombre de participants présentant un BO gauche ou droit. Certains participants ne

témoignent pas de préférence pour l'une ou l'autre partie des visages (ils fixent autant la gauche que la droite, ce qui induit une absence de BO), alors que d'autres participants témoignent d'un IO proche de -1 ou 1, indiquant un fort BO gauche ou droit. Ainsi, là encore on observe une variabilité interindividuelle, s'exprimant principalement pour les positions Haut, Bas et Centre. Comme les positions de présentation latérales induisent une position d'arrivée de la première saccade sur l'hémi-visage le plus proche en excentricité du point de fixation initial, le BO est alors plus homogène entre les participants, la première fixation de la majorité des participants arrive sur le côté gauche des visages lorsqu'ils sont présentés à droite, et sur le côté droit des visages lorsqu'ils sont présentés à gauche.

Lorsqu'on considère la position précise d'arrivée de la saccade au sein de l'hémi-visage, des différences subtiles liées à l'âge apparaissent. Bien que les positions d'arrivée des saccades pour les deux groupes de participants se situent autour du centre du visage, les saccades des personnes âgées arrivent à des positions plus proches les unes des autres que celles des personnes jeunes. Ces derniers semblent « couvrir » une plus grande surface au sein du visage grâce aux trois mouvements oculaires autorisés. Cela peut être mis en relation avec la réduction des amplitudes des saccades au cours du vieillissement rapportée par Sharpe & Zackon (1987) et Yang & Kapoula (2006). Néanmoins, la position d'arrivée moyenne des saccades du groupe ne reflète pas la position d'arrivée des saccades de chacun des participants : chez certains participants, la saccade arrive plus près du centre du visage que chez d'autres. Un tel constat avait déjà été fait par Peterson & Eckstein en 2012. En 2013, Peterson & Eckstein ont rapporté des différences individuelles concernant la position optimale de fixation lors d'une tâche de reconnaissance des visages. Le point de fixation moyen, déterminé sur l'ensemble de leurs données (tous participants confondus), était situé autour du centre du visage, légèrement à gauche de la ligne médiane. Toutefois, la position de ce point de fixation moyen différait de la position des points de fixation de chaque participant. Ainsi, un observateur pouvait fixer préférentiellement la partie basse des visages tout en présentant des performances similaires à un individu fixant un point proche du point de fixation moyen. Ces auteurs ont expliqué cette variabilité interindividuelle par des différences individuelle du système visuel périphérique. S'appuyant sur cette interprétation, on peut suggérer que chacun de nos participants fixait au sein du visage les points lui permettant de percevoir les informations pertinentes à la réalisation de la tâche dans le champ visuel le plus performant pour lui (ou elle).

Ainsi, tout comme pour le BP, il est important de rester prudent avant de généraliser les résultats relatifs au BO.

Finalement, au vu de nos résultats, nous proposons d'interpréter la position d'arrivée des saccades dans les visages comme résultant d'une combinaison des effets du centre de

gravité des visages (Bindemann et al., 2009) et de l'effet de rang de la saccade (Kapoula, 1985). Ainsi, la saccade serait guidée par un effet combiné des contraintes visuelles et oculomotrices, plutôt que par des préférences en lien avec les asymétries hémisphériques. En outre, ses caractéristiques ne varient pas avec l'avancée en âge, si ce n'est de manière subtile sur les positions d'arrivée des saccades.

CONCLUSIONS ET PERSPECTIVES

V. CONCLUSIONS ET PERSPECTIVES

Ces trois expériences nous ont permis de mettre en évidence que les biais perceptif et oculomoteur rapportés par la littérature ne sont pas des phénomènes robustes et constants, mais sont soumis à l'influence de différents facteurs et sont de ce fait, à considérer avec prudence.

L'originalité de ce travail réside notamment dans la méthode utilisée, permettant de présenter les visages à différentes positions – périphériques et centrale –, ainsi que de contrôler l'occurrence des saccades oculaires. Considérant la variabilité interindividuelle observée pour le BP, ce travail remet en question l'étude « globale » des BP réalisée jusqu'ici dans la littérature et insiste sur l'importance de considérer ce biais en fonction des individus, mais également en fonction de la position de présentation des visages (i.e. orientation de la saccade) et du nombre de saccades effectuées. Ce BP serait en effet, du moins en partie, propre à chaque individu, et ne résulterait pas uniquement de la dominance de l'HD pour le traitement des visages. L'apparition plus tardive du BP au cours de la réalisation de saccades chez les participants âgés n'étant pas constante dans toutes les expériences, celle-ci pourrait être liée au ralentissement global observé chez ces personnes, et serait également soumis à une variabilité interindividuelle importante, majorée par l'avancée en âge.

Le BO est également influencé par la position de présentation des visages et le rang de la saccade, indiquant qu'il serait plutôt lié aux contraintes du système visuel saccadique qu'à une dominance de l'HD. Cela est conforté par l'absence d'effet majeur de l'âge sur le BO, effet qui devrait être présent du fait de la réduction des asymétries hémisphériques au cours du vieillissement. Ce BO résulterait donc d'une combinaison des effets du centre de gravité et du phénomène de sous-visée saccadique.

Enfin, le résultat majeur de ce travail est l'absence de relation entre les biais oculomoteur et perceptif, observée aussi bien chez les adultes jeunes qu'âgés, quelle que soit la condition saccadique. Quelle que soit la partie du visage sur laquelle les participants se basent pour effectuer le jugement de genre, l'exploration des visages reste similaire.

Ainsi, les résultats de ce travail ont permis de mettre en évidence l'influence de différents facteurs sur les biais perceptif et oculomoteur lors d'une tâche de jugement de genre. Des divergences ayant été rapportées dans la littérature concernant ces biais selon les tâches perceptives réalisées (Burt & Perrett, 1997 ; Coolican et al., 2008), la réalisation d'expériences incluant des visages chimériques différant par l'âge, l'identité ou l'expression émotionnelle serait intéressante. En effet, l'utilisation des conditions expérimentales de ce travail, à savoir les différentes positions de présentation des visages et le contrôle du nombre de saccade, associée à

différente tâche perceptive permettrait de dégager les caractéristiques des biais perceptif et oculomoteur propres à ces différentes tâches.

Par ailleurs, lors de la réalisation d'une saccade, il demeure difficile de dissocier l'effet de la préparation de cette saccade, lié au déplacement de l'attention vers l'emplacement du stimulus à atteindre, de l'effet de la durée d'exposition des visages, et ainsi de déterminer le facteur déterminant pour l'émergence du BP. Une étude permettant cette dissociation permettrait de clarifier quel processus intervient dans l'apparition du BP, qui ne peut s'expliquer uniquement par la dominance de l'HD comme nous l'avons démontré dans ce travail de thèse. Les travaux de Quek & Finkbeiner (2013) ont permis d'illustrer l'importance de l'orientation de l'attention sur le traitement des visages et le gain engendré par cette orientation en termes de performance, lors d'une tâche de catégorisation selon le genre pour des durées de présentation inférieures à 350 ms. Néanmoins, leur méthode n'incluait pas l'enregistrement de mouvements oculaires. Les ressources attentionnelles diminuant au cours du vieillissement (Madden, 2007), ce phénomène pourrait expliquer l'émergence plus tardive du BP, nécessitant la réalisation d'une séquence de saccades chez les adultes âgés. L'orientation de l'attention serait en effet plus difficile et / ou ralentie.

En se basant sur les études de Peterson & Eckstein (2012 & 2013), il apparaît que les mouvements oculaires enregistrés pour un individu donné au cours d'une tâche perceptive ne reflètent pas systématiquement les parties du visage qui sont effectivement utilisées pour effectuer le traitement du visage, ce dernier étant influencé par les caractéristiques du système visuel périphérique de chaque individu. L'absence de lien entre BP et BO, ainsi que les différences interindividuelles dans l'exploration des visages pourraient par conséquent être étudiées par l'association de tâches de perception des visages en exploration libre et en exploration contrainte (ex. par la technique des « bulles » utilisée par Adolphs et al. (2005) ou Rossion et al. (2000)). Cette méthode permettrait de déterminer si les parties du visage fixées sont effectivement utilisées pour la tâche perceptive, ou si les participants se basent sur la périphérie de la zone fixée. Il serait alors également possible de mettre en évidence l'existence de différences entre les individus concernant les positions optimales pour effectuer la tâche perceptive, et éventuellement d'expliquer les différences interindividuelles observées sur le BP.

Enfin, dans la lignée de l'étude de Yovel et al. (2008), il serait intéressant de se pencher, pour chaque individu, sur le lien entre son profil de réponse perceptive et l'activation correspondante des gyri fusiformes. Si un lien est mis en évidence, cela constituerait un argument en faveur d'un BP lié à la spécialisation cérébrale pour le traitement des visages et

non lié à une dominance hémisphérique droite stricte, et de ce fait, serait un argument en faveur d'un BP gauche non systématique, mais propre à chaque individu.

BIBLIOGRAPHIE

VI. BIBLIOGRAPHIE

- Abed, F. (1991). Cultural Influences on Visual Scanning Patterns. *Journal of Cross-Cultural Psychology*, 22(4), 525–534. doi:10.1177/0022022191224006
- Abel, L. A., Troost, B. T., & Dell’Osso, L. F. (1983). The effects of age on normal saccadic characteristics and their variability. *Vision Research*, 23(1), 33–37.
- Adolphs, R., Gosselin, F., Buchanan, T. W., Tranel, D., Schyns, P., & Damasio, A. R. (2005). A mechanism for impaired fear recognition after amygdala damage. *Nature*, 433(7021), 68–72. doi:10.1038/nature03086
- Adolphs, R., Tranel, D., Damasio, H., & Damasio, A. (1994). Impaired recognition of emotion in facial expressions following bilateral damage to the human amygdala. *Nature*, 372(6507), 669–672. doi:10.1038/372669a0
- Adolphs, R., Tranel, D., Damasio, H., & Damasio, A. R. (1995). Fear and the human amygdala. *The Journal of Neuroscience: The Official Journal of the Society for Neuroscience*, 15(9), 5879–5891.
- Althoff, R. R., & Cohen, N. J. (1999). Eye-movement-based memory effect: a reprocessing effect in face perception. *Journal of Experimental Psychology. Learning, Memory, and Cognition*, 25(4), 997–1010.
- Andersen, R. A. (1989). Visual and eye movement functions of the posterior parietal cortex. *Annual Review of Neuroscience*, 12, 377–403. doi:10.1146/annurev.ne.12.030189.002113
- Antoniades, C., Ettinger, U., Gaymard, B., Gilchrist, I., Kristjánsson, A., Kennard, C., ... Carpenter, R. H. S. (2013). An internationally standardised antisaccade protocol. *Vision Research*, 84, 1–5. doi:10.1016/j.visres.2013.02.007

- Arizpe, J., Kravitz, D. J., Yovel, G., & Baker, C. I. (2012). Start Position Strongly Influences Fixation Patterns during Face Processing: Difficulties with Eye Movements as a Measure of Information Use. *PloS One*, 7(2), e31106. doi:10.1371/journal.pone.0031106
- Armann, R., & Bühlhoff, I. (2009). Gaze behavior in face comparison: the roles of sex, task, and symmetry. *Attention, Perception & Psychophysics*, 71(5), 1107–1126. doi:10.3758/APP.71.5.1107
- Audiffren, M., André, N., & Albinet, C. (2011). Effets positifs de l'exercice physique chronique sur les fonctions cognitives des seniors: bilan et perspectives. *Revue de Neuropsychologie*, 3(4), 207–225. doi:10.1684/nrp.2011.0191
- Baddeley, A. (2012). Working memory: theories, models, and controversies. *Annual Review of Psychology*, 63, 1–29. doi:10.1146/annurev-psych-120710-100422
- Balkenius, C., & Johansson, B. (2007). Anticipatory models in gaze control: a developmental model. *Cognitive Processing*, 8(3), 167–174. doi:10.1007/s10339-007-0169-8
- Baltes, P. B., & Lindenberger, U. (1997). Emergence of a powerful connection between sensory and cognitive functions across the adult life span: a new window to the study of cognitive aging? *Psychology and Aging*, 12(1), 12–21.
- Bannerman, R. L., Hibbard, P. B., Chalmers, K., & Sahraie, A. (2012). Saccadic Latency is Modulated by Emotional Content of Spatially Filtered Face Stimuli. *Emotion (Washington, D.C.)*. doi:10.1037/a0028677
- Bartlett, J. C., Leslie, J. E., Tubbs, A., & Fulton, A. (1989). Aging and memory for pictures of faces. *Psychology and Aging*, 4(3), 276–283.
- Bartlett, J. C., Strater, L., & Fulton, A. (1991). False recency and false fame of faces in young adulthood and old age. *Memory & Cognition*, 19(2), 177–188.

- Barton, J. J. S., Press, D. Z., Keenan, J. P., & O'Connor, M. (2002). Lesions of the fusiform face area impair perception of facial configuration in prosopagnosia. *Neurology*, 58(1), 71–78.
- Bate, S., Haslam, C., Tree, J. J., & Hodgson, T. L. (2008). Evidence of an eye movement-based memory effect in congenital prosopagnosia. *Cortex; a Journal Devoted to the Study of the Nervous System and Behavior*, 44(7), 806–819. doi:10.1016/j.cortex.2007.02.004
- Bava, S., Ballantyne, A. O., May, S. J., & Trauner, D. A. (2005). Perceptual asymmetry for chimeric stimuli in children with early unilateral brain damage. *Brain and Cognition*, 59(1), 1–10. doi:10.1016/j.bandc.2005.03.004
- Bell, A. H., Everling, S., & Munoz, D. P. (2000). Influence of stimulus eccentricity and direction on characteristics of pro- and antisaccades in non-human primates. *Journal of Neurophysiology*, 84(5), 2595–2604.
- Belle, G. van, Ramon, M., Lefèvre, P., & Rossion, B. (2010). Fixation patterns during recognition of personally familiar and unfamiliar faces. *Frontiers in Cognitive Science*, 1, 20. doi:10.3389/fpsyg.2010.00020
- Bentin, S., Allison, T., Puce, A., Perez, E., & McCarthy, G. (1996). Electrophysiological Studies of Face Perception in Humans. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 8(6), 551–565. doi:10.1162/jocn.1996.8.6.551
- Bialystok, E., Craik, F. I. M., & Freedman, M. (2007). Bilingualism as a protection against the onset of symptoms of dementia. *Neuropsychologia*, 45(2), 459–464. doi:10.1016/j.neuropsychologia.2006.10.009
- Bindemann, M., Scheepers, C., & Burton, A. M. (2009). Viewpoint and center of gravity affect eye movements to human faces. *Journal of Vision*, 9(2), 7.1–16. doi:10.1167/9.2.7
- Bisley, J. W., & Goldberg, M. E. (2010). Attention, intention, and priority in the parietal lobe. *Annual Review of Neuroscience*, 33, 1–21. doi:10.1146/annurev-neuro-060909-152823

- Blais, C., Jack, R. E., Scheepers, C., Fiset, D., & Caldara, R. (2008). Culture shapes how we look at faces. *PloS One*, 3(8), e3022. doi:10.1371/journal.pone.0003022
- Bombari, D., Mast, F. W., & Lobmaier, J. S. (2009). Featural, configural, and holistic face-processing strategies evoke different scan patterns. *Perception*, 38(10), 1508–1521.
- Bonnet, C., Hanuška, J., Rusz, J., Rivaud-Péchoux, S., Sieger, T., Majerová, V., ... Růžička, E. (2013). Horizontal and vertical eye movement metrics: What is important? *Clinical Neurophysiology: Official Journal of the International Federation of Clinical Neurophysiology*. doi:10.1016/j.clinph.2013.05.002
- Borgo, F., Semenza, C., & Puntin, P. (2004). Hemispheric differences in dichaptic scanning of verbal and spatial material by adult males and females. *Neuropsychologia*, 42(14), 1896–1901. doi:10.1016/j.neuropsychologia.2004.05.010
- Bourne, V. J. (2006). The divided visual field paradigm: methodological considerations. *Laterality*, 11(4), 373–393. doi:10.1080/13576500600633982
- Bourne, V. J. (2011). Examining the effects of inversion on lateralisation for processing facial emotion. *Cortex; a Journal Devoted to the Study of the Nervous System and Behavior*, 47(6), 690–695. doi:10.1016/j.cortex.2010.04.003
- Bourne, V. J., & Hole, G. J. (2006). Lateralized repetition priming for familiar faces: Evidence for asymmetric interhemispheric cooperation. *Quarterly Journal of Experimental Psychology* (2006), 59(6), 1117–1133. doi:10.1080/02724980543000150
- Boutet, I., & Faubert, J. (2006). Recognition of faces and complex objects in younger and older adults. *Memory & Cognition*, 34(4), 854–864.
- Brady, N., Campbell, M., & Flaherty, M. (2005). Perceptual asymmetries are preserved in memory for highly familiar faces of self and friend. *Brain and Cognition*, 58(3), 334–342. doi:10.1016/j.bandc.2005.01.001

- Braver, T. S., & Barch, D. M. (2002). A theory of cognitive control, aging cognition, and neuromodulation. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews*, 26(7), 809–817.
- Brouillet, D. (2011). *Le vieillissement cognitif normal maintenir l'autonomie de la personne âgée*. Bruxelles: De Boeck.
- Bruce, V., Burton, A. M., Hanna, E., Healey, P., Mason, O., Coombes, A., ... Linney, A. (1993). Sex discrimination: how do we tell the difference between male and female faces? *Perception*, 22(2), 131–152.
- Bruce, V., & Young, A. (1986). Understanding face recognition. *British Journal of Psychology (London, England: 1953)*, 77 (Pt 3), 305–327.
- Brysbaert, M., & Nazir, T. (2005). Visual constraints in written word recognition: evidence from the optimal viewing-position effect. *Journal of Research in Reading*, 28(3), 216–228. doi:10.1111/j.1467-9817.2005.00266.x
- Burt, D. M., & Perrett, D. I. (1997). Perceptual asymmetries in judgements of facial attractiveness, age, gender, speech and expression. *Neuropsychologia*, 35(5), 685–693.
- Burton, A. M., Bruce, V., & Dench, N. (1993). What's the difference between men and women? Evidence from facial measurement. *Perception*, 22(2), 153–176.
- Busigny, T., Joubert, S., Felician, O., Ceccaldi, M., & Rossion, B. (2010). Holistic perception of the individual face is specific and necessary: evidence from an extensive case study of acquired prosopagnosia. *Neuropsychologia*, 48(14), 4057–4092. doi:10.1016/j.neuropsychologia.2010.09.017
- Butler, S., Gilchrist, I. D., Burt, D. M., Perrett, D. I., Jones, E., & Harvey, M. (2005). Are the perceptual biases found in chimeric face processing reflected in eye-movement patterns? *Neuropsychologia*, 43(1), 52–59. doi:10.1016/j.neuropsychologia.2004.06.005

- Butler, S. H., & Harvey, M. (2005). Does inversion abolish the left chimeric face processing advantage? *Neuroreport*, 16(18), 1991–1993.
- Butler, S. H., & Harvey, M. (2006). Perceptual biases in chimeric face processing: eye-movement patterns cannot explain it all. *Brain Research*, 1124(1), 96–99.
doi:10.1016/j.brainres.2006.09.069
- Butler, S. H., & Harvey, M. (2008). Effects of aging and exposure duration on perceptual biases in chimeric face processing. *Cortex; a Journal Devoted to the Study of the Nervous System and Behavior*, 44(6), 665–672. doi:10.1016/j.cortex.2007.02.001
- Büttner, U., & Büttner-Ennever, J. A. (2006). Present concepts of oculomotor organization. *Progress in Brain Research*, 151, 1–42. doi:10.1016/S0079-6123(05)51001-X
- Cabeza, R. (2002). Hemispheric asymmetry reduction in older adults: the HAROLD model. *Psychology and Aging*, 17(1), 85–100.
- Cabeza, R., Daselaar, S. M., Dolcos, F., Prince, S. E., Budde, M., & Nyberg, L. (2004). Task-independent and task-specific age effects on brain activity during working memory, visual attention and episodic retrieval. *Cerebral Cortex (New York, N.Y.: 1991)*, 14(4), 364–375.
- Cabeza, R., Grady, C. L., Nyberg, L., McIntosh, A. R., Tulving, E., Kapur, S., ... Craik, F. I. (1997). Age-related differences in neural activity during memory encoding and retrieval: a positron emission tomography study. *The Journal of Neuroscience: The Official Journal of the Society for Neuroscience*, 17(1), 391–400.
- Caharel, S., Fiori, N., Bernard, C., Lalonde, R., & Rebaï, M. (2006). The effects of inversion and eye displacements of familiar and unknown faces on early and late-stage ERPs. *International Journal of Psychophysiology: Official Journal of the International Organization of Psychophysiology*, 62(1), 141–151. doi:10.1016/j.ijpsycho.2006.03.002

- Calder, A. J., Keane, J., Manly, T., Sprengelmeyer, R., Scott, S., Nimmo-Smith, I., & Young, A. W. (2003). Facial expression recognition across the adult life span. *Neuropsychologia*, 41(2), 195–202.
- Calder, A. J., & Young, A. W. (2005). Understanding the recognition of facial identity and facial expression. *Nature Reviews. Neuroscience*, 6(8), 641–651. doi:10.1038/nrn1724
- Cameron, H. A., Woolley, C. S., McEwen, B. S., & Gould, E. (1993). Differentiation of newly born neurons and glia in the dentate gyrus of the adult rat. *Neuroscience*, 56(2), 337–344.
- Carstensen, L. L., & Mikels, J. A. (2005). At the Intersection of Emotion and Cognition Aging and the Positivity Effect. *Current Directions in Psychological Science*, 14(3), 117–121. doi:10.1111/j.0963-7214.2005.00348.x
- Chaby, L., Narme, P., & George, N. (2011). Older adults' configural processing of faces: role of second-order information. *Psychology and Aging*, 26(1), 71–79. doi:10.1037/a0020873
- Chen, Y. F., Chen, T., & Tsai, T. T. (1999). Analysis of volition latency on antisaccadic eye movements. *Medical Engineering & Physics*, 21(8), 555–562.
- Cherry, B. J., Hellige, J. B., & McDowd, J. M. (1995). Age differences and similarities in patterns of cerebral hemispheric asymmetry. *Psychology and Aging*, 10(2), 191–203.
- Circelli, K. S., Clark, U. S., & Cronin-Golomb, A. (2012). Visual scanning patterns and executive function in relation to facial emotion recognition in aging. *Neuropsychology, Development, and Cognition. Section B, Aging, Neuropsychology and Cognition*. doi:10.1080/13825585.2012.675427
- Cirelli, C. (2012). Brain plasticity, sleep and aging. *Gerontology*, 58(5), 441–445. doi:10.1159/000336149

- Clark, J. J., & O'Regan, J. K. (1999). Word ambiguity and the optimal viewing position in reading. *Vision Research*, 39(4), 843–857.
- Colcombe, S. J., Erickson, K. I., Raz, N., Webb, A. G., Cohen, N. J., McAuley, E., & Kramer, A. F. (2003). Aerobic fitness reduces brain tissue loss in aging humans. *The Journals of Gerontology. Series A, Biological Sciences and Medical Sciences*, 58(2), 176–180.
- Collectif. (2011). *Le Vieillissement Cognitif Normal*. De Boeck.
- Coolican, J., Eskes, G. A., McMullen, P. A., & Lecky, E. (2008). Perceptual biases in processing facial identity and emotion. *Brain and Cognition*, 66(2), 176–187.
doi:10.1016/j.bandc.2007.07.001
- Cooper, T. J., Harvey, M., Lavidor, M., & Schweinberger, S. R. (2007). Hemispheric asymmetries in image-specific and abstractive priming of famous faces: evidence from reaction times and event-related brain potentials. *Neuropsychologia*, 45(13), 2910–2921.
doi:10.1016/j.neuropsychologia.2007.06.005
- Coren, S., & Hoenig, P. (1972). Effect of non-target stimuli upon length of voluntary saccades. *Perceptual and Motor Skills*, 34(2), 499–508.
- D'Argembeau, A., & Van der Linden, M. (2007). Facial expressions of emotion influence memory for facial identity in an automatic way. *Emotion (Washington, D.C.)*, 7(3), 507–515.
doi:10.1037/1528-3542.7.3.507
- Daniel, S., & Bentin, S. (2012). Age-related changes in processing faces from detection to identification: ERP evidence. *Neurobiology of Aging*, 33(1), 206.e1–28.
doi:10.1016/j.neurobiolaging.2010.09.001
- Davis, S. W., Dennis, N. A., Daselaar, S. M., Fleck, M. S., & Cabeza, R. (2008). Que PASA? The posterior-anterior shift in aging. *Cerebral Cortex (New York, N.Y.: 1991)*, 18(5), 1201–1209. doi:10.1093/cercor/bhm155

- De Heering, A., Houthuys, S., & Rossion, B. (2007). Holistic face processing is mature at 4 years of age: evidence from the composite face effect. *Journal of Experimental Child Psychology*, 96(1), 57–70. doi:10.1016/j.jecp.2006.07.001
- Di Filippo, M., Tozzi, A., Costa, C., Belcastro, V., Tantucci, M., Picconi, B., & Calabresi, P. (2008). Plasticity and repair in the post-ischemic brain. *Neuropharmacology*, 55(3), 353–362. doi:10.1016/j.neuropharm.2008.01.012
- Dolcos, F., Rice, H. J., & Cabeza, R. (2002). Hemispheric asymmetry and aging: right hemisphere decline or asymmetry reduction. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews*, 26(7), 819–825.
- Double, K. L., Halliday, G. M., Kril, J. J., Harasty, J. A., Cullen, K., Brooks, W. S., ... Broe, G. A. (1996). Topography of brain atrophy during normal aging and Alzheimer's disease. *Neurobiology of Aging*, 17(4), 513–521.
- Ducrot, S., & Pynte, J. (2002). What determines the eyes' landing position in words? *Perception & Psychophysics*, 64(7), 1130–1144.
- Ebner, N. C., & Johnson, M. K. (2009). Young and older emotional faces: are there age group differences in expression identification and memory? *Emotion (Washington, D.C.)*, 9(3), 329–339. doi:10.1037/a0015179
- Eckert, M. A. (2011). Slowing down: age-related neurobiological predictors of processing speed. *Frontiers in Neuroscience*, 5, 25. doi:10.3389/fnins.2011.00025
- Edmonds, E. C., Glisky, E. L., Bartlett, J. C., & Rapcsak, S. Z. (2012). Cognitive mechanisms of false facial recognition in older adults. *Psychology and Aging*, 27(1), 54–60. doi:10.1037/a0024582
- Ekman, P., & Friesen, W. V. (1971). Constants across cultures in the face and emotion. *Journal of Personality and Social Psychology*, 17(2), 124–129.

Erickson, K. I., Colcombe, S. J., Wadhwa, R., Bherer, L., Peterson, M. S., Scalf, P. E., ... Kramer, A. F.

(2007). Training-induced plasticity in older adults: effects of training on hemispheric asymmetry. *Neurobiology of Aging*, 28(2), 272–283.

doi:10.1016/j.neurobiolaging.2005.12.012

Failla, C. V., Sheppard, D. M., & Bradshaw, J. L. (2003). Age and responding-hand related changes

in performance of neurologically normal subjects on the line-bisection and chimeric-faces tasks. *Brain and Cognition*, 52(3), 353–363.

Farid, M., & Grainger, J. (1996). How initial fixation position influences visual word recognition:

a comparison of French and Arabic. *Brain and Language*, 53(3), 351–368.

doi:10.1006/brln.1996.0053

Faubert, J. (2002). Visual perception and aging. *Canadian Journal of Experimental Psychology =*

Revue Canadienne de Psychologie Expérimentale, 56(3), 164–176.

Felten, D. (2011). *Atlas de neurosciences humaines de Netter* (2e édition.). Elsevier Masson.

Fillit, H. M., Butler, R. N., O'Connell, A. W., Albert, M. S., Birren, J. E., Cotman, C. W., ... Tully, T.

(2002). Achieving and maintaining cognitive vitality with aging. *Mayo Clinic Proceedings*.

Mayo Clinic, 77(7), 681–696. doi:10.4065/77.7.681

Findlay, J. M. (1982). Global visual processing for saccadic eye movements. *Vision Research*,

22(8), 1033–1045.

Fischer, H., Sandblom, J., Gavazzeni, J., Fransson, P., Wright, C. I., & Bäckman, L. (2005). Age-

differential patterns of brain activation during perception of angry faces. *Neuroscience*

Letters, 386(2), 99–104. doi:10.1016/j.neulet.2005.06.002

Flöel, A., Knecht, S., Lohmann, H., Deppe, M., Sommer, J., Dräger, B., ... Henningsen, H. (2001).

Language and spatial attention can lateralize to the same hemisphere in healthy

humans. *Neurology*, 57(6), 1018–1024.

- George, N., Evans, J., Fiori, N., Davidoff, J., & Renault, B. (1996). Brain events related to normal and moderately scrambled faces. *Brain Research. Cognitive Brain Research*, 4(2), 65–76.
- Godard, O., & Fiori, N. (2012). Sex and hemispheric differences in facial invariants extraction. *Laterality*, 17(2), 202–216. doi:10.1080/1357650X.2011.556641
- Goldstein, G., & Shelly, C. (1981). Does the right hemisphere age more rapidly than the left? *Journal of Clinical Neuropsychology*, 3(1), 65–78.
- Gould, E., & Tanapat, P. (1999). Stress and hippocampal neurogenesis. *Biological Psychiatry*, 46(11), 1472–1479.
- Gould, Tanapat, Hastings, & Shors. (1999). Neurogenesis in adulthood: a possible role in learning. *Trends in Cognitive Sciences*, 3(5), 186–192.
- Grady, C. L., Maisog, J. M., Horwitz, B., Ungerleider, L. G., Mentis, M. J., Salerno, J. A., ... Haxby, J. V. (1994). Age-related changes in cortical blood flow activation during visual processing of faces and location. *The Journal of Neuroscience: The Official Journal of the Society for Neuroscience*, 14(3 Pt 2), 1450–1462.
- Grega, D. M., Sackeim, H. A., Sanchez, E., Cohen, B. H., & Hough, S. (1988). Perceiver bias in the processing of human faces: neuropsychological mechanisms. *Cortex; a Journal Devoted to the Study of the Nervous System and Behavior*, 24(1), 91–117.
- Gross, C. G. (2000). Neurogenesis in the adult brain: death of a dogma. *Nature Reviews. Neuroscience*, 1(1), 67–73. doi:10.1038/35036235
- Guillaume, C., Guillery-Girard, B., Chaby, L., Lebreton, K., Hugueville, L., Eustache, F., & Fiori, N. (2009). The time course of repetition effects for familiar faces and objects: an ERP study. *Brain Research*, 1248, 149–161. doi:10.1016/j.brainres.2008.10.069

- Guo, K., Meints, K., Hall, C., Hall, S., & Mills, D. (2009). Left gaze bias in humans, rhesus monkeys and domestic dogs. *Animal Cognition*, 12(3), 409–418. doi:10.1007/s10071-008-0199-3
- Guo, K., Smith, C., Powell, K., & Nicholls, K. (2011). Consistent left gaze bias in processing different facial cues. *Psychological Research*. doi:10.1007/s00426-011-0340-9
- Guo, K., Tunnicliffe, D., & Roebuck, H. (2010). Human spontaneous gaze patterns in viewing of faces of different species. *Perception*, 39(4), 533–542.
- Habak, C., & Faubert, J. (2000). Larger effect of aging on the perception of higher-order stimuli. *Vision Research*, 40(8), 943–950.
- Habib, R., Nyberg, L., & Tulving, E. (2003). Hemispheric asymmetries of memory: the HERA model revisited. *Trends in Cognitive Sciences*, 7(6), 241–245.
- Haxby, Hoffman, & Gobbini. (2000). The distributed human neural system for face perception. *Trends in Cognitive Sciences*, 4(6), 223–233.
- Haxby, J. V., Hoffman, E. A., & Gobbini, M. I. (2002). Human neural systems for face recognition and social communication. *Biological Psychiatry*, 51(1), 59–67.
- Heath, R. L., Rouhana, A., & Ghanem, D. A. (2005). Asymmetric bias in perception of facial affect among Roman and Arabic script readers. *Laterality*, 10(1), 51–64.
doi:10.1080/13576500342000293
- Heisz, J. J., & Ryan, J. D. (2011). The effects of prior exposure on face processing in younger and older adults. *Frontiers in Aging Neuroscience*, 3, 15. doi:10.3389/fnagi.2011.00015
- Heisz, J. J., & Shore, D. I. (2008). More efficient scanning for familiar faces. *Journal of Vision*, 8(1), 9.1–10. doi:10.1167/8.1.9
- Hsiao, J. H., & Cottrell, G. (2008). Two fixations suffice in face recognition. *Psychological Science*, 19(10), 998–1006. doi:10.1111/j.1467-9280.2008.02191.x

- Hsiao, J. H., & Liu, T. T. (2012). The optimal viewing position in face recognition. *Journal of Vision*, 12(2). doi:10.1167/12.2.22
- Hunter, Z. R., Brysbaert, M., & Knecht, S. (2007). Foveal word reading requires interhemispheric communication. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 19(8), 1373–1387.
doi:10.1162/jocn.2007.19.8.1373
- Ibbotson, M., & Krekelberg, B. (2011). Visual perception and saccadic eye movements. *Current Opinion in Neurobiology*, 21(4), 553–558. doi:10.1016/j.conb.2011.05.012
- Jeffreys, D. A. (1989). A face-responsive potential recorded from the human scalp. *Experimental Brain Research. Experimentelle Hirnforschung. Expérimentation Cérébrale*, 78(1), 193–202.
- Jones, S., Nyberg, L., Sandblom, J., Stigsdotter Neely, A., Ingvar, M., Magnus Petersson, K., & Bäckman, L. (2006). Cognitive and neural plasticity in aging: general and task-specific limitations. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews*, 30(6), 864–871.
doi:10.1016/j.neubiorev.2006.06.012
- Kanwisher, N., McDermott, J., & Chun, M. M. (1997). The fusiform face area: a module in human extrastriate cortex specialized for face perception. *The Journal of Neuroscience: The Official Journal of the Society for Neuroscience*, 17(11), 4302–4311.
- Kapoula, Z. (1985). Evidence for a range effect in the saccadic system. *Vision Research*, 25(8), 1155–1157.
- Kemper, S., & Liu, C.-J. (2007). Eye movements of young and older adults during reading. *Psychology and Aging*, 22(1), 84–93. doi:10.1037/0882-7974.22.1.84
- Klisz, D. (1978). Neuropsychological Evaluation in Older Persons. In M. Storandt, I. C. Siegler, & M. F. Elias (Eds.), *The Clinical Psychology of Aging* (pp. 71–95). Springer US. Retrieved from http://link.springer.com/chapter/10.1007/978-1-4684-3342-5_3

- Kopecz, K. (1995). Saccadic reaction times in gap/overlap paradigms: a model based on integration of intentional and visual information on neural, dynamic fields. *Vision Research*, 35(20), 2911–2925.
- Krekelberg, B. (2010). Saccadic suppression. *Current Biology: CB*, 20(5), R228–229.
doi:10.1016/j.cub.2009.12.018
- Kuhn, H. G., Dickinson-Anson, H., & Gage, F. H. (1996). Neurogenesis in the dentate gyrus of the adult rat: age-related decrease of neuronal progenitor proliferation. *The Journal of Neuroscience: The Official Journal of the Society for Neuroscience*, 16(6), 2027–2033.
- Lachenal-Chevallet, K., Bediou, B., Bouvard, M., Thobois, S., Broussolle, E., Vighetto, A., & Krolak-Salmon, P. (2006). [Emotional facial expression recognition impairment in Parkinson disease]. *Psychologie & neuropsychiatrie du vieillissement*, 4(1), 61–67.
- Le Grand, R., Mondloch, C. J., Maurer, D., & Brent, H. P. (2003). Expert face processing requires visual input to the right hemisphere during infancy. *Nature Neuroscience*, 6(10), 1108–1112. doi:10.1038/nn1121
- Leigh, R. J., Rottach, K. G., & Das, V. E. (1997). Transforming sensory perceptions into motor commands: evidence from programming of eye movements. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 835, 353–362.
- Leonards, U., & Scott-Samuel, N. E. (2005). Idiosyncratic initiation of saccadic face exploration in humans. *Vision Research*, 45(20), 2677–2684. doi:10.1016/j.visres.2005.03.009
- Levine, S. C., & Levy, J. (1986). Perceptual asymmetry for chimeric faces across the life span. *Brain and Cognition*, 5(3), 291–306.
- Levy, J., Heller, W., Banich, M. T., & Burton, L. A. (1983). Asymmetry of perception in free viewing of chimeric faces. *Brain and Cognition*, 2(4), 404–419.

- Levy, J., Trevarthen, C., & Sperry, R. W. (1972). Reception of bilateral chimeric figures following hemispheric deconnexion. *Brain: A Journal of Neurology*, 95(1), 61–78.
- Li, S.-C., & Lindenberger, U. (1999). Cross-level unification: A computational exploration of the link between deterioration of neurotransmitter systems and dedifferentiation of cognitive abilities in old age. In L. -G & H. J. Markowitsch (Eds.), *Cognitive neuroscience of memory* (pp. 103–146). Ashland, OH, US: Hogrefe & Huber Publishers.
- Li, Z., Moore, A. B., Tyner, C., & Hu, X. (2009). Asymmetric connectivity reduction and its relationship to “HAROLD” in aging brain. *Brain Research*, 1295, 149–158.
doi:10.1016/j.brainres.2009.08.004
- Lledo, P.-M., Alonso, M., & Grubb, M. S. (2006). Adult neurogenesis and functional plasticity in neuronal circuits. *Nature Reviews. Neuroscience*, 7(3), 179–193. doi:10.1038/nrn1867
- Luh, K. E., Rueckert, L. M., & Levy, J. (1991). Perceptual asymmetries for free viewing of several types of chimeric stimuli. *Brain and Cognition*, 16(1), 83–103.
- Madden, D. J. (2007). Aging and Visual Attention. *Current Directions in Psychological Science*, 16(2), 70–74. doi:10.1111/j.1467-8721.2007.00478.x
- Matsuda, T., Matsuura, M., Ohkubo, T., Ohkubo, H., Matsushima, E., Inoue, K., ... Kojima, T. (2004). Functional MRI mapping of brain activation during visually guided saccades and antisaccades: cortical and subcortical networks. *Psychiatry Research*, 131(2), 147–155.
doi:10.1016/j.psychresns.2003.12.007
- Mattingley, J. B., Berberovic, N., Corben, L., Slavin, M. J., Nicholls, M. E. R., & Bradshaw, J. L. (2004). The greyscales task: a perceptual measure of attentional bias following unilateral hemispheric damage. *Neuropsychologia*, 42(3), 387–394.

- Mattingley, J. B., Bradshaw, J. L., Nettleton, N. C., & Bradshaw, J. A. (1994). Can task specific perceptual bias be distinguished from unilateral neglect? *Neuropsychologia*, 32(7), 805–817.
- McDowell, C. L., Harrison, D. W., & Demaree, H. A. (1994). Is right hemisphere decline in the perception of emotion a function of aging? *The International Journal of Neuroscience*, 79(1-2), 1–11.
- Meeter, M., Van der Stigchel, S., & Theeuwes, J. (2010). A competitive integration model of exogenous and endogenous eye movements. *Biological Cybernetics*, 102(4), 271–291. doi:10.1007/s00422-010-0365-y
- Megreya, A. M., & Burton, A. M. (2006). Unfamiliar faces are not faces: evidence from a matching task. *Memory & Cognition*, 34(4), 865–876.
- Megreya, A. M., & Havard, C. (2011). Left face matching bias: right hemisphere dominance or scanning habits? *Laterality*, 16(1), 75–92. doi:10.1080/13576500903213755
- Meng, M., Cherian, T., Singal, G., & Sinha, P. (2012). Lateralization of face processing in the human brain. *Proceedings. Biological Sciences / The Royal Society*, 279(1735), 2052–2061. doi:10.1098/rspb.2011.1784
- Minear, M., & Park, D. C. (2004). A lifespan database of adult facial stimuli. *Behavior Research Methods, Instruments, & Computers: A Journal of the Psychonomic Society, Inc*, 36(4), 630–633.
- Mirmiran, M., van Someren, E. J., & Swaab, D. F. (1996). Is brain plasticity preserved during aging and in Alzheimer's disease? *Behavioural Brain Research*, 78(1), 43–48.
- Mondloch, C. J., Le Grand, R., & Maurer, D. (2002). Configural face processing develops more slowly than featural face processing. *Perception*, 31(5), 553–566.

- Moreno, C. R., Borod, J. C., Welkowitz, J., & Alpert, M. (1990). Lateralization for the expression and perception of facial emotion as a function of age. *Neuropsychologia*, 28(2), 199–209.
- Moscovitch, M., Winocur, G., & Behrmann, M. (1997). What is special about face recognition? nineteen experiments on a person with visual object agnosia and dyslexia but normal face recognition. *J. Cognitive Neuroscience*, 9(5), 555–604.
doi:10.1162/jocn.1997.9.5.555
- Munoz, D. P., & Everling, S. (2004). Look away: the anti-saccade task and the voluntary control of eye movement. *Nature Reviews. Neuroscience*, 5(3), 218–228. doi:10.1038/nrn1345
- Nazir, T. A., Heller, D., & Sussmann, C. (1992). Letter visibility and word recognition: the optimal viewing position in printed words. *Perception & Psychophysics*, 52(3), 315–328.
- Nebes, R. D., Madden, D. J., & Berg, W. D. (1983). The effect of age on hemispheric asymmetry in visual and auditory identification. *Experimental Aging Research*, 9(2), 87–91.
doi:10.1080/03610738308258431
- Nelson, C. A. (2001). The development and neural bases of face recognition. *Infant and Child Development*, 10, 3–18.
- Nolde, S. F., Johnson, M. K., & Raye, C. L. (1998). The role of prefrontal cortex during tests of episodic memory. *Trends in Cognitive Sciences*, 2(10), 399–406.
- Norton, D., McBain, R., & Chen, Y. (2009). Reduced ability to detect facial configuration in middle-aged and elderly individuals: associations with spatiotemporal visual processing. *The Journals of Gerontology. Series B, Psychological Sciences and Social Sciences*, 64(3), 328–334. doi:10.1093/geronb/gbp008
- O'Regan, J. K., Lévy-Schoen, A., Pynte, J., & Brugailière, B. (1984). Convenient fixation location within isolated words of different length and structure. *Journal of Experimental Psychology. Human Perception and Performance*, 10(2), 250–257.

- Obermeyer, S., Kolling, T., Schaich, A., & Knopf, M. (2012). Differences between Old and Young Adults' Ability to Recognize Human Faces Underlie Processing of Horizontal Information. *Frontiers in Aging Neuroscience*, 4, 3. doi:10.3389/fnagi.2012.00003
- Owsley, C., Burton-Danner, K., & Jackson, G. R. (2000). Aging and spatial localization during feature search. *Gerontology*, 46(6), 300–305. doi:22181
- Paller, K. A., Gonsalves, B., Grabowecky, M., Bozic, V. S., & Yamada, S. (2000). Electrophysiological correlates of recollecting faces of known and unknown individuals. *NeuroImage*, 11(2), 98–110. doi:10.1006/nimg.1999.0521
- Paquette, C., & Fung, J. (2011). Old age affects gaze and postural coordination. *Gait & Posture*, 33(2), 227–232. doi:10.1016/j.gaitpost.2010.11.010
- Park, D. C., Lautenschlager, G., Hedden, T., Davidson, N. S., Smith, A. D., & Smith, P. K. (2002). Models of visuospatial and verbal memory across the adult life span. *Psychology and Aging*, 17(2), 299–320.
- Park, D. C., Polk, T. A., Mikels, J. A., Taylor, S. F., & Marshuetz, C. (2001). Cerebral aging: integration of brain and behavioral models of cognitive function. *Dialogues in Clinical Neuroscience*, 3(3), 151–165.
- Peltsch, A., Hemraj, A., Garcia, A., & Munoz, D. P. (2011). Age-related trends in saccade characteristics among the elderly. *Neurobiology of Aging*, 32(4), 669–679. doi:10.1016/j.neurobiolaging.2009.04.001
- Peterson, M. F., & Eckstein, M. P. (2012). Looking just below the eyes is optimal across face recognition tasks. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 109(48), E3314–E3323. doi:10.1073/pnas.1214269109

- Peterson, M. F., & Eckstein, M. P. (2013). Individual differences in eye movements during face identification reflect observer-specific optimal points of fixation. *Psychological Science*, 24(7), 1216–1225. doi:10.1177/0956797612471684
- Petit, L., Zago, L., Vigneau, M., Andersson, F., Crivello, F., Mazoyer, B., ... Tzourio-Mazoyer, N. (2009). Functional asymmetries revealed in visually guided saccades: an fMRI study. *Journal of Neurophysiology*, 102(5), 2994–3003. doi:10.1152/jn.00280.2009
- Phillips, M. L., & David, A. S. (1997). Viewing strategies for simple and chimeric faces: an investigation of perceptual bias in normals and schizophrenic patients using visual scan paths. *Brain and Cognition*, 35(2), 225–238. doi:10.1006/brcg.1997.0939
- Pierrot-Deseilligny, C., Milea, D., & Müri, R. M. (2004). Eye movement control by the cerebral cortex. *Current Opinion in Neurology*, 17(1), 17–25.
- Pierrot-Deseilligny, C., Rivaud, S., Gaymard, B., Müri, R., & Vermersch, A. I. (1995). Cortical control of saccades. *Annals of Neurology*, 37(5), 557–567. doi:10.1002/ana.410370504
- Pratt, J., Dodd, M., & Welsh, T. (2006). Growing older does not always mean moving slower: examining aging and the saccadic motor system. *Journal of Motor Behavior*, 38(5), 373–382. doi:10.3200/JMBR.38.5.373-382
- Quek, G. L., & Finkbeiner, M. (2013). Spatial and Temporal Attention Modulate the Early Stages of Face Processing: Behavioural Evidence from a Reaching Paradigm. *PLoS ONE*, 8(2). doi:10.1371/journal.pone.0057365
- Rayner, K. (1979). Eye guidance in reading: fixation locations within words. *Perception*, 8(1), 21–30.
- Rayner, K., Castelano, M. S., & Yang, J. (2009). Eye movements and the perceptual span in older and younger readers. *Psychology and Aging*, 24(3), 755–760. doi:10.1037/a0014300

- Rayner, K., Yang, J., Castelhana, M. S., & Liversedge, S. P. (2011). Eye movements of older and younger readers when reading disappearing text. *Psychology and Aging*, 26(1), 214–223. doi:10.1037/a0021279
- Raz, N., Gunning-Dixon, F., Head, D., Rodrigue, K. M., Williamson, A., & Acker, J. D. (2004). Aging, sexual dimorphism, and hemispheric asymmetry of the cerebral cortex: replicability of regional differences in volume. *Neurobiology of Aging*, 25(3), 377–396. doi:10.1016/S0197-4580(03)00118-0
- Raz, N., Lindenberger, U., Rodrigue, K. M., Kennedy, K. M., Head, D., Williamson, A., ... Acker, J. D. (2005). Regional brain changes in aging healthy adults: general trends, individual differences and modifiers. *Cerebral Cortex (New York, N.Y.: 1991)*, 15(11), 1676–1689. doi:10.1093/cercor/bhi044
- Reuter-Lorenz, P. A., Jonides, J., Smith, E. E., Hartley, A., Miller, A., Marshuetz, C., & Koeppe, R. A. (2000). Age differences in the frontal lateralization of verbal and spatial working memory revealed by PET. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 12(1), 174–187.
- Rhodes, G. (1985). Perceptual asymmetries in face recognition. *Brain and Cognition*, 4(2), 197–218.
- Rhodes, G., Brake, S., & Atkinson, A. P. (1993). What's lost in inverted faces? *Cognition*, 47(1), 25–57.
- Richards, W. (1969). Saccadic suppression. *Journal of the Optical Society of America*, 59(5), 617–623.
- Riege, W. H., Metter, E. J., & Williams, M. V. (1980). Age and hemispheric asymmetry in nonverbal tactile memory. *Neuropsychologia*, 18(6), 707–710.
- Robinson, F. R., & Fuchs, A. F. (2001). The role of the cerebellum in voluntary eye movements. *Annual Review of Neuroscience*, 24, 981–1004. doi:10.1146/annurev.neuro.24.1.981

- Ross, R. G., Olincy, A., Harris, J. G., Radant, A., Adler, L. E., Compagnon, N., & Freedman, R. (1999). The effects of age on a smooth pursuit tracking task in adults with schizophrenia and normal subjects. *Biological Psychiatry*, 46(3), 383–391.
- Rossion, B., Dricot, L., Devolder, A., Bodart, J. M., Crommelinck, M., De Gelder, B., & Zoontjes, R. (2000). Hemispheric asymmetries for whole-based and part-based face processing in the human fusiform gyrus. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 12(5), 793–802.
- Rousselet, G. A., Husk, J. S., Pernet, C. R., Gaspar, C. M., Bennett, P. J., & Sekuler, A. B. (2009). Age-related delay in information accrual for faces: evidence from a parametric, single-trial EEG approach. *BMC Neuroscience*, 10, 114. doi:10.1186/1471-2202-10-114
- Rozenchwajg, P., Cherfi, M., Ferrandez, A. M., Lautrey, J., Lemoine, C., & Loarer, E. (2005). Age related differences in the strategies used by middle aged adults to solve a block design task. *International Journal of Aging & Human Development*, 60(2), 159–182.
- Rueckert, L. (2005). A Web-based study of cerebral asymmetry for perception of emotion. *Behavior Research Methods*, 37(2), 271–276.
- Ruffman, T., Henry, J. D., Livingstone, V., & Phillips, L. H. (2008). A meta-analytic review of emotion recognition and aging: implications for neuropsychological models of aging. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews*, 32(4), 863–881. doi:10.1016/j.neubiorev.2008.01.001
- Ryan, J. D., Hannula, D. E., & Cohen, N. J. (2007). The obligatory effects of memory on eye movements. *Memory (Hove, England)*, 15(5), 508–525. doi:10.1080/09658210701391022
- Saether, L., Van Belle, W., Laeng, B., Brennen, T., & Øvervoll, M. (2009). Anchoring gaze when categorizing faces' sex: evidence from eye-tracking data. *Vision Research*, 49(23), 2870–2880. doi:10.1016/j.visres.2009.09.001

Salthouse, T. A. (1996). The processing-speed theory of adult age differences in cognition.

Psychological Review, 103(3), 403–428.

Salthouse, T. A. (2006). Mental Exercise and Mental Aging Evaluating the Validity of the “Use It or Lose It” Hypothesis. *Perspectives on Psychological Science*, 1(1), 68–87.

doi:10.1111/j.1745-6916.2006.00005.x

Salthouse, T. A., & Somberg, B. L. (1982). Isolating the age deficit in speeded performance.

Journal of Gerontology, 37(1), 59–63.

Saslow, M. G. (1967). Latency for saccadic eye movement. *Journal of the Optical Society of*

America, 57(8), 1030–1033.

Schear, J. M., & Nebes, R. D. (1980). Memory for verbal and spatial information as a function of

age. *Experimental Aging Research*, 6(3), 271–281. doi:10.1080/03610738008258363

Schiltz, C., & Rossion, B. (2006). Faces are represented holistically in the human occipito-temporal cortex. *NeuroImage*, 32(3), 1385–1394.

doi:10.1016/j.neuroimage.2006.05.037

Searcy, J. H., Bartlett, J. C., & Memon, A. (1999). Age differences in accuracy and choosing in

eyewitness identification and face recognition. *Memory & Cognition*, 27(3), 538–552.

Sergent, J., & Bindra, D. (1981). Differential hemispheric processing of faces: methodological

considerations and reinterpretation. *Psychological Bulletin*, 89(3), 541–554.

Sergent, J., Ohta, S., & MacDonald, B. (1992). Functional neuroanatomy of face and object

processing. A positron emission tomography study. *Brain: A Journal of Neurology*, 115 Pt 1, 15–36.

Sergent, J., & Signoret, J. L. (1992a). Functional and anatomical decomposition of face

processing: evidence from prosopagnosia and PET study of normal subjects.

- Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series B, Biological Sciences*, 335(1273), 55–61; discussion 61–62. doi:10.1098/rstb.1992.0007
- Sergent, J., & Signoret, J. L. (1992b). Varieties of functional deficits in prosopagnosia. *Cerebral Cortex (New York, N.Y.: 1991)*, 2(5), 375–388.
- Sharpe, J. A., & Zackon, D. H. (1987). Senescent saccades. Effects of aging on their accuracy, latency and velocity. *Acta Oto-Laryngologica*, 104(5-6), 422–428.
- Slessor, G., Laird, G., Phillips, L. H., Bull, R., & Filippou, D. (2010). Age-related differences in gaze following: does the age of the face matter? *The Journals of Gerontology. Series B, Psychological Sciences and Social Sciences*, 65(5), 536–541. doi:10.1093/geronb/gbq038
- Slessor, G., Phillips, L. H., & Bull, R. (2008). Age-related declines in basic social perception: evidence from tasks assessing eye-gaze processing. *Psychology and Aging*, 23(4), 812–822. doi:10.1037/a0014348
- Stuss, D. T., & Knight, R. T. (2013). *Principles of Frontal Lobe Function* (Second Edition.). OUP USA.
- Sullivan, S., Ruffman, T., & Hutton, S. B. (2007). Age differences in emotion recognition skills and the visual scanning of emotion faces. *The Journals of Gerontology. Series B, Psychological Sciences and Social Sciences*, 62(1), P53–60.
- Thomas, C., Moya, L., Avidan, G., Humphreys, K., Jung, K. J., Peterson, M. A., & Behrmann, M. (2008). Reduction in white matter connectivity, revealed by diffusion tensor imaging, may account for age-related changes in face perception. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 20(2), 268–284. doi:10.1162/jocn.2008.20025
- Thompson, P. (1980). Margaret Thatcher: a new illusion. *Perception*, 9(4), 483–484.
- Thompson, P. (2009). The Thatcher illusion 28 years on... *Perception*, 38(6), 921–922.

- Trottier, L., & Pratt, J. (2005). Visual processing of targets can reduce saccadic latencies. *Vision Research*, 45(11), 1349–1354. doi:10.1016/j.visres.2004.12.007
- Tzourio-Mazoyer, N., Petit, L., Razafimandimby, A., Crivello, F., Zago, L., Jobard, G., ... Mazoyer, B. (2010). Left hemisphere lateralization for language in right-handers is controlled in part by familial sinistrality, manual preference strength, and head size. *The Journal of Neuroscience: The Official Journal of the Society for Neuroscience*, 30(40), 13314–13318. doi:10.1523/JNEUROSCI.2593-10.2010
- Valentine, T. (1988). Upside-down faces: a review of the effect of inversion upon face recognition. *British Journal of Psychology (London, England: 1953)*, 79 (Pt 4), 471–491.
- Van Belle, G., Busigny, T., Lefèvre, P., Joubert, S., Felician, O., Gentile, F., & Rossion, B. (2011). Impairment of holistic face perception following right occipito-temporal damage in prosopagnosia: converging evidence from gaze-contingency. *Neuropsychologia*, 49(11), 3145–3150. doi:10.1016/j.neuropsychologia.2011.07.010
- Van der Stigchel, S., & Nijboer, T. C. W. (2013). How global is the global effect? The spatial characteristics of saccade averaging. *Vision Research*, 84, 6–15. doi:10.1016/j.visres.2013.03.006
- Van Hooren, S. A. H., Valentijn, A. M., Bosma, H., Ponds, R. W. H. M., van Boxtel, M. P. J., & Jolles, J. (2007). Cognitive functioning in healthy older adults aged 64-81: a cohort study into the effects of age, sex, and education. *Neuropsychology, Development, and Cognition. Section B, Aging, Neuropsychology and Cognition*, 14(1), 40–54. doi:10.1080/138255890969483
- Verhaeghen, P., & Cerella, J. (2002). Aging, executive control, and attention: a review of meta-analyses. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews*, 26(7), 849–857.
- Volkow, N. D., Gur, R. C., Wang, G. J., Fowler, J. S., Moberg, P. J., Ding, Y. S., ... Logan, J. (1998). Association between decline in brain dopamine activity with age and cognitive and

- motor impairment in healthy individuals. *The American Journal of Psychiatry*, 155(3), 344–349.
- Volkow, N. D., Logan, J., Fowler, J. S., Wang, G. J., Gur, R. C., Wong, C., ... Pappas, N. (2000). Association between age-related decline in brain dopamine activity and impairment in frontal and cingulate metabolism. *The American Journal of Psychiatry*, 157(1), 75–80.
- Weller, M. P., & Latimer-Sayer, D. T. (1985). Increasing right hand dominance with age on a motor skill task. *Psychological Medicine*, 15(4), 867–872.
- Westlye, L. T., Walhovd, K. B., Dale, A. M., Bjørnerud, A., Due-Tønnessen, P., Engvig, A., ... Fjell, A. M. (2010). Life-span changes of the human brain white matter: diffusion tensor imaging (DTI) and volumetry. *Cerebral Cortex (New York, N.Y.: 1991)*, 20(9), 2055–2068.
doi:10.1093/cercor/bhp280
- Wiese, H., Schweinberger, S. R., & Hansen, K. (2008). The age of the beholder: ERP evidence of an own-age bias in face memory. *Neuropsychologia*, 46(12), 2973–2985.
doi:10.1016/j.neuropsychologia.2008.06.007
- Williams, K. N., & Kemper, S. (2010). Interventions to reduce cognitive decline in aging. *Journal of Psychosocial Nursing and Mental Health Services*, 48(5), 42–51.
doi:10.3928/02793695-20100331-03
- Wong, B., Cronin-Golomb, A., & Neargarder, S. (2005). Patterns of visual scanning as predictors of emotion identification in normal aging. *Neuropsychology*, 19(6), 739–749.
doi:10.1037/0894-4105.19.6.739
- Wurtz, R. H. (1989). *The Neurobiology of Saccadic Eye Movements*. (M. E. Goldberg, Ed.) (1st ed.). Elsevier Science Ltd.
- Yang, L. (2011). Practice-oriented retest learning as the basic form of cognitive plasticity of the aging brain. *Journal of Aging Research*, 2011, 407074. doi:10.4061/2011/407074

- Yang, Q., & Kapoula, Z. (2006). The control of vertical saccades in aged subjects. *Experimental Brain Research. Experimentelle Hirnforschung. Expérimentation Cérébrale*, 171(1), 67–77. doi:10.1007/s00221-005-0249-x
- Yin, R. K. (1969). Looking at upside-down faces. *Journal of Experimental Psychology*, 81(1), 141–145. doi:10.1037/h0027474
- Young, A. W., & Bruce, V. (2011). Understanding person perception. *British Journal of Psychology (London, England: 1953)*, 102(4), 959–974. doi:10.1111/j.2044-8295.2011.02045.x
- Yovel, G., Tambini, A., & Brandman, T. (2008). The asymmetry of the fusiform face area is a stable individual characteristic that underlies the left-visual-field superiority for faces. *Neuropsychologia*, 46(13), 3061–3068. doi:10.1016/j.neuropsychologia.2008.06.017

ANNEXES

LISTE DES PUBLICATIONS ET COMMUNICATIONS

A. Articles parus dans des revues internationales à comité de lecture :

- **Samson, H.**, Fiori-Duharcourt, N., Doré-Mazars, K., Lemoine, C. & Vergilino-Perez, D. (2014). Perceptual and gaze biases during face processing: related or not? *Plos One*, DOI: 10.1371/journal.pone.0085746.

B. Communications parues dans des revues à comité de lecture :

- **Samson, H.**, Fiori, N., Doré-Mazars, K., Lemoine, C. & Vergilino-Perez, D. (2011). Is the perceptual bias in face processing linked to an oculomotor bias? Abstracts of the 16th European Conference on Eye Movements, Marseille, 21-25 August 2011. *Journal Of Eye Movement Research*, 4(3), p. 155.

C. Chapitre d'ouvrage :

- Fiori, N., Stern, J. & **Samson, H.** (2011). Vieillesse et identification d'un visage exprimant une émotion. In Brouillet, D., *Le vieillissement cognitif normal*. Bruxelles : De Boeck.

D. Communications affichées :

- **Samson, H.**, Fiori, N., Doré-Mazars, Lemoine, C. & Vergilino-Perez, D. (2012). Importance of the position of face presentation for gaze and perceptual biases study. *European Conference on Visual Perception (ECVP)*, 2-6 September, Alghero, Italy.
- **Samson, H.**, Fiori, N., Doré-Mazars, Lemoine, C. & Vergilino-Perez, D. (2012). Aging and face perception: perceptual and gaze bias study. *XIIème Colloque Vieillesse Cognitif (JEV)*, June 25-26, Tours, France.
- Vergilino-Perez, D., **Samson, H.**, Doré-Mazars, K., Lemoine C. & Fiori, N. (2012). Is there a relationship between left perceptual bias and oculomotor bias when looking at faces? *1st Conference of the European Society for Cognitive and Affective Neuroscience (ESCAN 2012)*, May 9-12, Marseille, France.
- **Samson, H.**, Fiori, N., Doré-Mazars, Lemoine, C. & Vergilino-Perez, D. (2011). Is the perceptual bias in face processing linked to an oculomotor bias? *16th European Conference on Eye Movements (ECM 16)*, 21-25th august, Marseille, France.
- **Samson, H.** & Fiori, N. (2010). Vieillesse, expressions émotionnelles et reconnaissance des visages : effets modulés par le Genre. *XIème Colloque Vieillesse Cognitif (JEV)*, septembre 2010, Liège, Belgique.

VII. ANNEXES



FAG2M.jpg



FAG3.jpg



FAG3M.jpg



FAG4.jpg



FAG4M.jpg



FAG5.jpg



FAG5M.jpg



FAG6.jpg



FAG6M.jpg



FAG7.jpg



FAG7M.jpg



FAG8.jpg



FAG8M.jpg



FAG1.jpg



FAG1M.jpg



FAG2.jpg



FAN7.jpg



FAN7M.jpg



FAN8.jpg



FAN8M.jpg



FAN1.jpg



FAN1M.jpg



FAN2.jpg



FAN2M.jpg



FAN3.jpg



FAN3M.jpg



FAN4.jpg



FAN4M.jpg



FAN5.jpg



FAN5M.jpg



FAN6.jpg



FAN6M.jpg



FJG3M.jpg



FJG4.jpg



FJG4M.jpg



FJG5.jpg



FJG5M.jpg



FJG6.jpg



FJG6M.jpg



FJG7.jpg



FJG7M.jpg



FJG8.jpg



FJG8M.jpg



FJG1.jpg



FJG1M.jpg



FJG2.jpg



FJG2M.jpg



FJG3.jpg



FJN7.jpg



FJN7M.jpg



FJN8.jpg



FJN8M.jpg



FJN1.jpg



FJN1M.jpg



FJN2.jpg



FJN2M.jpg



FJN3.jpg



FJN3M.jpg



FJN4.jpg



FJN4M.jpg



FJN5.jpg



FJN5M.jpg



FJN6.jpg



FJN6M.jpg



HAG5M.jpg



HAG6.jpg



HAG6M.jpg



HAG7.jpg



HAG7M.jpg



HAG8.jpg



HAG8M.jpg



HAG1.jpg



HAG1M.jpg



HAG2.jpg



HAG2M.jpg



HAG3.jpg



HAG3M.jpg



HAG4.jpg



HAG4M.jpg



HAG5.jpg



HAN8M.jpg



HAN1.jpg



HAN1M.jpg



HAN2.jpg



HAN2M.jpg



HAN3.jpg



HAN3M.jpg



HAN4.jpg



HAN4M.jpg



HAN5.jpg



HAN5M.jpg



HAN6.jpg



HAN6M.jpg



HAN7.jpg



HAN7M.jpg



HAN8.jpg



HJG7.jpg



HJG8M.jpg



HJG9.jpg



HJG9M.jpg



HJG1.jpg



HJG1M.jpg



HJG2.jpg



HJG2M.jpg



HJG3.jpg



HJG3M.jpg



HJG4.jpg



HJG4M.jpg



HJG5.jpg



HJG5M.jpg



HJG6.jpg



HJG6M.jpg



HJN6M.jpg



HJN7.jpg



HJN7M.jpg



HJN8.jpg



HJN8M.jpg



HJN1.jpg



HJN1M.jpg



HJN2.jpg



HJN2M.jpg



HJN3.jpg



HJN3M.jpg



HJN4.jpg



HJN4M.jpg



HJN5.jpg



HJN5M.jpg



HJN6.jpg



FA20PT.jpg



FA1PT.jpg



FA2PT.jpg



FA3PT.jpg



FA4PT.jpg



FA5PT.jpg



FA6PT.jpg



FA7PT.jpg



FA8PT.jpg



FA9PT.jpg



FA10PT.jpg



FA11PT.jpg



FA12PT.jpg



FA13PT.jpg



FA14PT.jpg



FA15PT.jpg



FA16PT.jpg



FA17PT.jpg



FA18PT.jpg



FA19PT.jpg

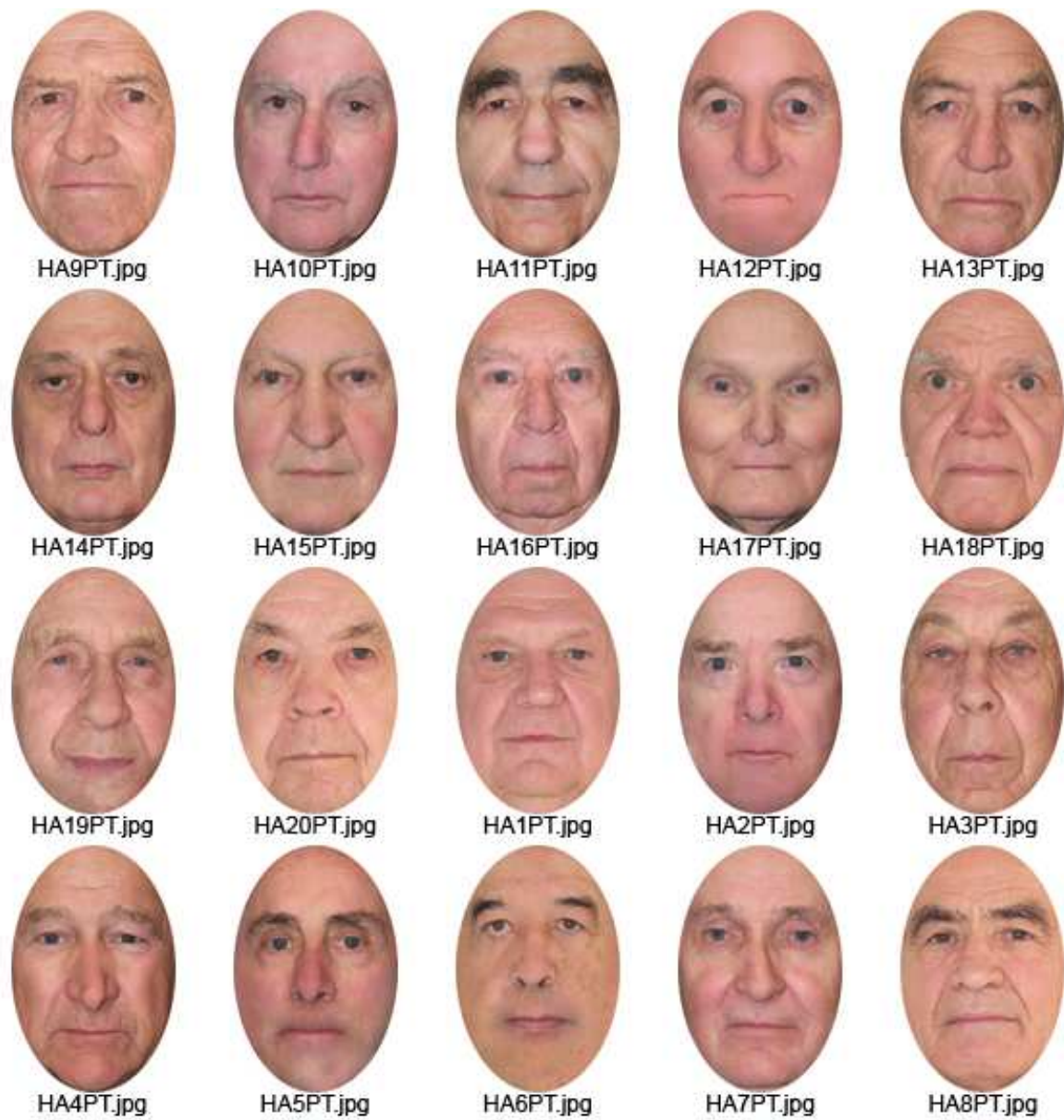


Figure 61 : Visages normaux et chimériques utilisés pour les trois expériences.



Figure 62 : Masque.

Echelle de dépression de Beck

Entourer la réponse exacte

A/

Je ne me sens pas triste	0
Je me sens cafardeux ou triste	1
Je me sens tout le temps cafardeux ou triste et je n'arrive pas à m'en sortir	2
Je suis si triste et si malheureux que je ne peux pas le supporter	3

B/

Je ne suis pas particulièrement découragé ni pessimiste au sujet de mon avenir	0
J'ai un sentiment de découragement au sujet de l'avenir	1
Pour mon avenir, je n'ai aucun motif d'espérer	2
Je sens qu'il n'y a aucun espoir pour mon avenir, et que la situation ne peut s'améliorer	3

C/

Je n'ai aucun sentiment d'échec de ma vie	0
J'ai l'impression que j'ai échoué dans ma vie plus que la plupart des gens	1
Quand je regarde ma vie passée, tout ce que j'y découvre n'est qu'échecs	2
J'ai un sentiment d'échec complet dans toute ma vie professionnelle	3

D/

Je ne me sens pas particulièrement insatisfait	0
Je ne sais pas profiter agréablement des circonstances	1
Je ne tire plus aucune satisfaction de quoi que ce soit	2
Je suis mécontent de tout	3

E/

Je ne me sens pas coupable	0
Je me sens mauvais ou indigne une bonne partie du temps	1
Je me sens coupable	2
Je me juge très mauvais, et j'ai l'impression que je ne vauds rien	3

F/

Je ne suis pas déçu par moi-même	0
Je suis déçu par moi-même	1
Je me dégoûte moi-même	2
Je me hais	3

G/

Je ne pense pas à me faire du mal	0
Je pense que la mort me libérerait	1
J'ai des plans précis pour me suicider	2
Si je le pouvais, je me tuerais	3

H/

Je n'ai pas perdu l'intérêt pour les autres gens	0
Maintenant, je m'intéresse moins aux autres gens qu'autrefois	1
J'ai perdu tout l'intérêt que je portais aux autres et j'ai peu de sentiments pour eux	2
J'ai perdu tout l'intérêt pour les autres, et ils m'indiffèrent totalement	3

I/

Je suis capable de me décider aussi facilement que de coutume	0
J'essaie de ne pas avoir à prendre de décisions	1
J'ai de grandes difficultés à prendre des décisions	2
Je ne suis pas capable de prendre la moindre décision	3

J/

Je n'ai pas le sentiment d'être plus laid qu'avant	0
J'ai peur de paraître vieux ou disgracieux	1
J'ai l'impression qu'il y a un changement permanent dans mon apparence physique,	
qui me fait paraître disgracieux	2
J'ai l'impression s'être laid et repoussant	3

K/

Je travaille aussi facilement qu'auparavant	0
Il me faut faire un effort supplémentaire pour commencer à faire quelque chose	1
Il faut que je fasse un très grand effort pour faire quoi que ce soit	2
Je suis incapable de faire le moindre travail	3

L/

Je ne suis pas plus fatigué que d'habitude	0
Je suis fatigué plus facilement que d'habitude	1
Faire quoi que ce soit me fatigue	2
Je suis incapable de faire le moindre travail	3

M/

Mon appétit est toujours aussi bon	0
Mon appétit n'est pas aussi bon que d'habitude	1
Mon appétit est beaucoup moins bon maintenant	2
Je n'ai plus du tout d'appétit	3



Vous allez participer à une recherche scientifique. Dans le but de produire des données exploitables et de mieux comprendre la psychologie en générale, nous avons besoin que vous soyez concentré (e) tout au long de l'expérience, que vous suiviez correctement les instructions, et que vous soyez cohérent (e) dans chacune de vos réponses.

But et procédure : Le but de cette expérience est d'étudier la façon dont les personnes jeunes perçoivent et explorent les visages, ainsi que la manière dont cette capacité évolue au cours du vieillissement cérébral.

A l'aide d'un ordinateur, des visages vous seront présentés les uns après les autres. Votre tâche consistera à répondre si le visage apparent représente un homme ou une femme.

Déclaration :

« J'ai été informé(e) du but et de la procédure de l'expérience et j'accepte d'y participer. Je réserve le droit de retirer mes données à n'importe quelle étape du déroulement de l'expérience, ainsi que toutes autres informations fournies. »

Date :

Nom et prénom :

Sexe : F / M

Signature :

Questionnaire de latéralité

De *Humphrey* modifié par *Hecaen* et *Ajuriaguerra*

Première partie

Quelle main utilisez-vous ?

- 1- Pour lancer
- 2- Pour écrire
- 3- Pour dessiner
- 4- Pour jouer à des jeux tels que tennis, ping-pong, jokari
- 5- Pour utiliser une paire de ciseaux
- 6- Pour vous servir d'un rasoir ou d'un rouge à lèvres
- 7- Pour vous peigner
- 8- Pour vous servir d'une brosse à dents
- 9- Pour tenir un couteau pour des desseins autres que manger (couper une ficelle, tailler un crayon)
- 10- Pour manger avec une cuillère
- 11- Pour frapper avec un marteau
- 12- Pour vous servir d'un tournevis

Deuxième partie

- 13- Avec quelle main tenez-vous le couteau pour manger, en même temps que la fourchette
- 14- Si vous avez deux valises, de quelle main portez-vous la plus lourde
- 15- De quelle main tenez-vous le haut du manche à balai
- 16- De quelle main tenez-vous le haut du râtelier
- 17- De quelle main dévissez-vous le bouchon d'un flacon
- 18- De quelle main tenez-vous une allumette pour l'allumer
- 19- De quelle main distribuez-vous les cartes
- 20- De quelle main guidez-vous le fil à travers le chas d'une aiguille

Troisième partie

- 21- De quel pied tapez-vous dans la balle
- 22- Avec quel œil visez-vous

Cotation

La note 1 est donnée pour une activité exécutée uniquement de la main droite; la note 0,5 est donnée si les deux mains l'exécutent avec la même aisance; le chiffre total ainsi obtenu est divisé par le nombre total de tâches testées. On multiplie ensuite le chiffre obtenu par 100. Un droitier total a donc un score de 100.

Formule : $(\text{Score} / \text{Nombre d'items}) \times 100$

Mini Mental State Examination (MMSE) (Version consensuelle du GRECO)

Orientation / 10

Je vais vous poser quelques questions pour apprécier comment fonctionne votre mémoire.

Les unes sont très simples, les autres un peu moins. Vous devez répondre du mieux que vous pouvez.

Quelle est la date complète d'aujourd'hui ?

Si la réponse est incorrecte ou incomplète, posées les questions restées sans réponse, dans l'ordre suivant :

1. En quelle année sommes-nous ?
2. En quelle saison ?
3. En quel mois ?
4. Quel jour du mois ?
5. Quel jour de la semaine ?

Je vais vous poser maintenant quelques questions sur l'endroit où nous trouvons.

6. Quel est le nom de l'hôpital où nous sommes ?*
7. Dans quelle ville se trouve-t-il ?
8. Quel est le nom du département dans lequel est située cette ville ?**
9. Dans quelle province ou région est située ce département ?
10. A quel étage sommes-nous ?

Apprentissage / 3

Je vais vous dire trois mots ; je vous voudrais que vous me les répétiez et que vous essayiez de les retenir car je vous les redemanderai tout à l'heure.

11. Cigare Citron Fauteuil
 12. Fleur ou Clé ou Tulipe
 13. Porte Ballon Canard
- Répéter les 3 mots.

Attention et calcul / 5

Voulez-vous compter à partir de 100 en retirant 7 à chaque fois ?*

14. 93
15. 86
16. 79
17. 72
18. 65

Pour tous les sujets, même pour ceux qui ont obtenu le maximum de points, demander :

Voulez-vous épeler le mot MONDE à l'envers ?**

Rappel / 3

Pouvez-vous me dire quels étaient les 3 mots que je vous ai demandés de répéter et de retenir tout à l'heure ?

11. Cigare Citron Fauteuil
12. Fleur ou Clé ou Tulipe
13. Porte Ballon Canard

Langage / 8

Montrer un crayon. 22. Quel est le nom de cet objet ?*

Montrer votre montre. 23. Quel est le nom de cet objet ?**

24. Ecoutez bien et répétez après moi : « PAS DE MAIS, DE SI, NI DE ET »***

Poser une feuille de papier sur le bureau, la montrer au sujet en lui disant : « Ecoutez bien et faites ce que je vais vous dire :

25. Prenez cette feuille de papier avec votre main droite,

26. Pliez-la en deux,

27. Et jetez-la par terre. »****

Tendre au sujet une feuille de papier sur laquelle est écrit en gros caractère : « FERMEZ LES YEUX » et dire au sujet :

28. « Faites ce qui est écrit ».

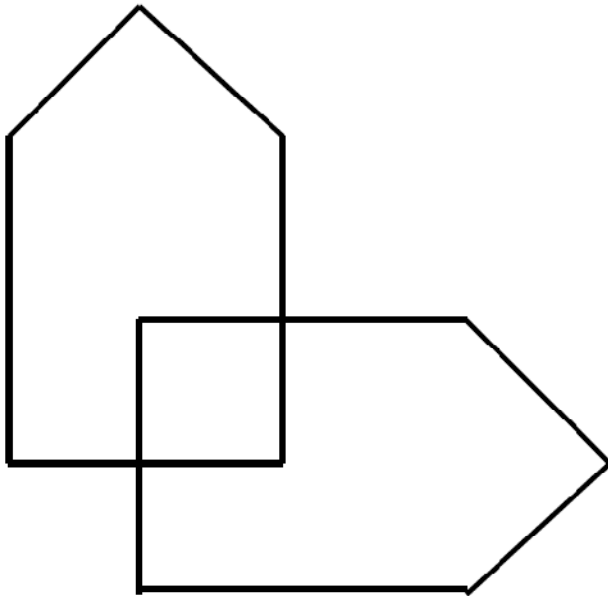
Tendre au sujet une feuille de papier et un stylo, en disant :

29. « Voulez-vous m'écrire une phrase, ce que vous voulez, mais une phrase entière. »*****

Praxies constructives / 1

Tendre au sujet une feuille de papier et lui demander :
30. « Voulez-vous recopier ce dessin ? »

« FERMEZ LES YEUX »



RESUME

PERCEPTUAL AND GAZE BIASES DURING FACE PERCEPTION: EFFECT OF AGING

Abstract: Previous studies demonstrated a left perceptual bias while looking at faces, observers using mainly information from the left side of a face (from the observer point of view) to make a judgment task. Such a bias is consistent with right hemisphere dominance for face processing and has been sometimes linked to a left gaze bias, i.e. more and longer fixations on the left side of the face (Butler et al., 2005; Megreya & Havard, 2011). In the course of aging, the left perceptual bias is still observed, but seems to require a longer exposure duration to faces (Butler & Harvey, 2008; Coolican et al., 2008). Here, in several experiments we recorded eye-movements during a gender judgment task, using normal and chimeric faces (made from two different half-faces of a male and a female) presented at the top, bottom, left or right relative to the central fixation point or at the center. Young and older participants performed the judgment task by remaining fixated on the fixation point or after executing one, two or three saccades.

Even if young participants presented an overall left perceptual bias, it was not the case for older participants. Moreover, the perceptual bias depended on face position (a proximity bias was observed for lateral positions) and the number of allowed saccades (the perceptual bias was present when a saccade was executed). An important inter-individual variability was also observed. Indeed, some participants presented a left perceptual bias, while others presented a right perceptual bias or none at all. The gaze bias was also function of face position and is steady while growing older. This gaze bias seems to depend on the combination of two effects: the center-of-gravity effect (Bindemann et al., 2009) and the range effect (Kapoula, 1985). The saccade landing position was located around the center of the face, slightly oriented toward the initial fixation position. No apparent link between gaze and perceptual biases was found in any experiments, for both groups, meaning that a perceptual bias was not systematically coupled to saccades made toward the side of the face which was used to perform the gender judgment.

Those results challenge the overall explanation put forward for those two biases that is the right hemisphere dominance for face processing.

Key Words: Face; Aging; perceptual bias; gaze bias.

LES BIAIS PERCEPTIF ET OCULOMOTEUR LORS DE LA PERCEPTION DES VISAGES : EFFETS DU VIEILLISSEMENT

Résumé : De nombreuses études ont relevé un biais perceptif (BP) gauche, c'est-à-dire une tendance à utiliser préférentiellement les informations issues de l'hémi-visage gauche (du point de vue de l'observateur), lors du traitement des visages. Ce BP pourrait être lié à la dominance de l'hémisphère droit pour le traitement des visages. Par ailleurs, certaines études ont mis ce BP en lien avec un biais oculomoteur (BO) gauche : l'observateur effectue des fixations en nombre et/ou en durée supérieures sur l'hémi-visage gauche (Butler et al., 2005 ; Megreya & Havard, 2011). Au cours du vieillissement, le BP gauche semble être toujours présent, mais d'apparition plus tardive, nécessitant un temps d'exposition aux visages plus long (Butler & Harvey, 2008 ; Coolican et al., 2008). Dans ce travail de thèse, nous avons étudié l'évolution de ces deux biais au cours du vieillissement au cours d'une tâche de jugement de genre, à l'aide de visages normaux et chimériques (composés de moitiés de visages d'homme et de femme) en manipulant le nombre de saccades permettant d'explorer le visage (aucune, 1, 2 et 3 saccades) et la position de présentation des visages (Haut, Bas, Centre, Gauche et Droite).

Bien que dans l'ensemble, les personnes jeunes témoignent d'un BP gauche, cela n'est pas le cas des participants âgés. En outre, ce BP dépend de la position de présentation des visages (BP de proximité pour les positions latérales), mais également du nombre de saccades exécutées (BP gauche apparaissant à partir de la réalisation d'une saccade). En outre, une certaine variabilité interindividuelle est notée, certains participants présentant un BP droit et d'autre une absence de BP. Le BO dépend également de la position de présentation des visages et reste stable au cours du vieillissement. Il semble résulter d'une combinaison de l'effet du centre de gravité (Bindemann et al., 2009) et de l'effet de rang (Kapoula, 1985), la position d'arrivée se situant autour du centre du visage, orientée légèrement vers le point de fixation initial. Enfin, ce BO n'est pas affecté par le BP des participants, qu'ils soient jeunes ou âgés, l'exploration des visages étant la même qu'ils répondent en se basant sur la partie gauche ou droite des visages. Dans l'ensemble, ces résultats remettent en question l'explication jusqu'ici avancée pour ces deux biais, à savoir la dominance de l'HD pour le traitement des visages.

Mots clefs : visages ; vieillissement ; biais perceptif ; biais oculomoteur.